

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-268606
(P2001-268606A)

(43) 公開日 平成13年9月28日 (2001.9.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 4 Q 3/52		H 0 4 Q 3/52	B 5 K 0 0 2
H 0 4 B 10/02		11/04	3 0 2 5 K 0 3 0
10/17		H 0 4 B 9/00	T 5 K 0 6 9
10/16			J 9 A 0 0 1
H 0 4 L 12/56		H 0 4 L 11/20	1 0 2 Z
審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 31 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-78230 (P2000-78230)

(22) 出願日 平成12年3月21日 (2000.3.21)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 西本 央

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100074099

弁理士 大菅 義之 (外1名)

最終頁に続く

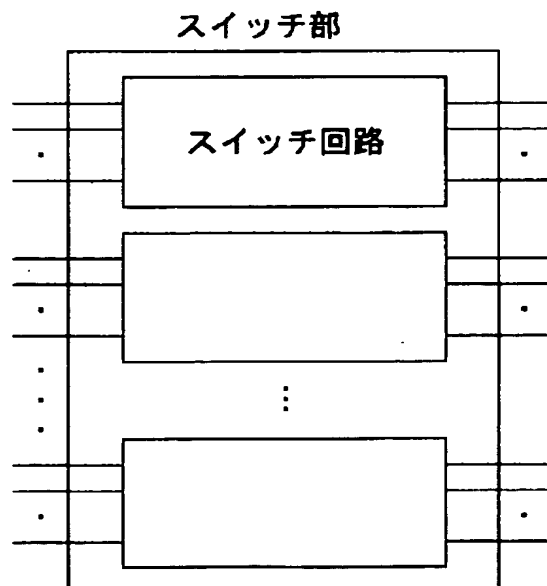
(54) 【発明の名称】 光ノード装置及び信号の切替接続方法

(57) 【要約】

【課題】 小型のスイッチを用いて、安価かつ簡単な構成で、拡張性に富む光ノードを提供する。

【解決手段】 1つの光ノードに含まれるスイッチ部は、スイッチ部が収容すべきライン数よりも少ないポート数からなるスイッチ回路を複数設けることによって構成される。複数のスイッチ回路は、スイッチ部のサブスイッチとして、互いに独立しており、スイッチ部全体としては完全群をなさない。従って、各サブスイッチにどのラインを収容するかは、ラインに収容されるユーザに提供するサービスによって決定する。このように、独立したサブスイッチによってスイッチ部を構成することにより、小型で、安価なスイッチを使って、簡単な構成の光ノードを構成する。また、サブスイッチを置き換えることによって、簡単に光ノードが提供するサービスを拡張することが出来る。

本発明の実施形態の
基本構成を示す図(その1)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】複数の信号入力及び複数の信号出力を持つ光ノード装置において、前記光ノード装置に入力可能な総信号入力の一部の信号が入力され、該光ノードシステムが出力可能な総信号出力の一部を切替接続して出力する、少なくとも 1 つのサブスイッチ手段を備え、該少なくとも 1 つのサブスイッチ手段を備えることによって構成される非完全群スイッチによって、該光ノード装置に入力される全信号の切替接続を行うことを特徴とする光ノード装置。

【請求項 2】入力された波長多重信号を各波長毎の光信号に分離する波長分離手段と、前記サブスイッチ手段によって切替接続された後の各波長毎の信号を波長多重信号に多重化する波長多重手段とを更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載の光ノード装置。

【請求項 3】前記サブスイッチ手段は、光信号を入力として、光信号単位で切替接続処理を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の光ノード装置。

【請求項 4】電気信号を光信号に変換する電気・光変換手段と、光信号を電気信号に変換する光・電気変換手段とを備え、前記サブスイッチ手段は、該電気信号の切替接続を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の光ノード装置。

【請求項 5】前記複数のサブスイッチ手段の少なくとも一部は、波長多重信号を単位として切替接続処理を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の光ノード装置。

【請求項 6】前記複数のサブスイッチ手段の少なくとも一部は、信号の切替接続処理を行わずに、信号をそのまま通過させるスルー手段であることを特徴とする請求項 1 に記載の光ノード装置。

【請求項 7】前記複数のサブスイッチ手段の内のいずれかに信号を振り分ける振り分けスイッチ手段と、該複数のサブスイッチ手段からの出力信号を選択出力する選択スイッチ手段とを更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載の光ノード装置。

【請求項 8】前記光ノード装置は、複数の光 ADM を備え、該光 ADM からの DROP 信号を前記サブスイッチ手段に入力し、該サブスイッチ手段からの出力を光 ADM に ADD することを特徴とする請求項 1 に記載の光ノード装置。

【請求項 9】複数の信号入力及び複数の信号出力を持つ光ノード装置における信号の切替接続方法であって、

(a) 前記光ノード装置に入力可能な総信号入力の一部の信号を入力するステップと、

(b) 該光ノード装置が出力可能な総信号出力の一部を切替接続して出力するステップとを備え、該ステップ (a) 及び (b) を該光ノード装置の全入力信号について行うことによって非完全群スイッチとしての

全信号の切替接続を行うことを特徴とする信号の切替接続方法。

【請求項 10】前記光ノード装置の全入力信号の内一部の信号については切替接続を行わず、該信号をスルーすることを特徴とする請求項 9 に記載の信号の切替接続方法。

【請求項 11】前記光ノード装置の全入力信号の内一部の信号については波長多重信号の単位で切替接続を行うことを特徴とする請求項 9 に記載の信号の切替接続方法。

【請求項 12】(c) 前記光ノード装置の全入力信号の内の他の一部の信号については切替接続を行わず、該信号をスルーするステップと、

(d) 該光ノード装置の全入力信号の内の更に他の一部については、波長多重信号単位で切替接続するステップと、

(e) 該光ノード装置の全入力信号をステップ (b)、ステップ (c)、あるいは、ステップ (d) のいずれを行うかを選択するステップとを備えることを特徴とする請求項 9 に記載の信号の切替接続方法。

【請求項 13】前記切替接続処理を行う信号は、光 ADM によって選択されることを特徴とする請求項 9 に記載の信号の切替接続方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、大容量光通信ネットワークに使用される光クロスコネクタ装置などの光ノードシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、インターネットに代表される通信トラフィックの急速な増大に対応すべく、伝送システムの大容量化が急速に進んでいる。特に波長多重技術の進歩により、1本のファイバで数百 Gb/s の伝送が可能となっており、今後更に大容量化の技術開発が進むと考えられる。これら波長多重伝送システムの大容量化に伴い、経済的かつ柔軟な大容量ネットワークを構築するために、波長多重伝送システムに適した大容量光ノードシステムの実現が切望されている。

【0003】従来検討されてきた大容量光ノードシステムは、全ての入力ポートと全ての出力ポートの間で接続を任意に変更する（完全群）スイッチ機能を持つ。スイッチ部の機能として、クロスコネクタ機能、パケットスイッチ機能、またはルータ機能などが検討されている。

【0004】図 66 及び図 67 は、従来のクロスコネクタシステムの基本構成例を示す図である。すなわち、図 66 においては、入力 N 本、出力 N 本のクロスコネクタシステムに N×N の光マトリックススイッチを使用し、入力のいずれのポートから入力された信号も、任意の出力ポートに出力可能としている。

【0005】また、図 67 は、電気マトリックススイ

チを使用した例であり、入力N本、出力N本の完全群電気マトリックススイッチを使用している。入力される光信号は、光・電気変換回路によって電気信号に変換された後、N×N電気マトリックススイッチによって切替接続され、出力される。出力された電気信号は、電気・光変換回路によって光信号に変換された後、送出される。

【0006】現在、クロスコネクタ装置の構成として多くの構成が提案されているが、大きく分けると光信号のままスイッチを行う構成と光・電気変換を行い電子回路でスイッチする構成である。

【0007】また、図68は、波長単位で切替接続を行う従来の光クロスコネクタシステムの基本構成例を示す図である。送信端局は、波長多重回路によって複数の波長を多重し、ファイバ伝送路に送出する。光コネクタシステムでは、受信した波長多重信号を波長分離回路によって波長分離し、スイッチ回路に入力する。このスイッチ回路は、やはり、完全群スイッチによって構成されており（光スイッチ、電気スイッチを問わない）、切替接続された信号は、波長多重回路によって波長多重され、ファイバ伝送路を介して、受信端局に送られる。受信端局では、波長分離回路によって、波長多重信号を分波し、各波長に載せられている情報を取り出して処理をする。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】現在、波長多重伝送システムの波長数は32波が実用化されている。クロスコネクタ装置への入出力ファイバ数が8ファイバの場合、1ファイバあたり32波とすると、クロスコネクタ装置への入力波長数は $32 \times 8 = 256$ 波となり、 256×256 のクロスコネクタを行う必要がある。今後波長多重数は1ファイバあたり64波、128波等、更に増加すると予想され、 512×512 、更に 1024×1024 等のクロスコネクタ装置が必要となる。現在1波長の最大ビットレートは10Gb/sが実用化されており、クロスコネクタ装置への入力容量は数テラビット以上となる。

【0009】一方、現在実現している光マトリックススイッチは 8×8 程度のため、これらのスイッチを多段に組み合わせる構成や、波長選択フィルタを用いた放送選択型の構成など、大規模なクロスコネクタスイッチを構成すべく種々の構成が提案されている。（例えば、S.Okamoto et.al., "Optical Path Cross-Connect Node Architectures for Photonic Transport Network", Journal of Lightwave Technology, Vol.14, No.6, pp.1410-1422, 1996）。この場合の問題点は、光スイッチ部を構成するために多くのスイッチ及び光部品を要し、また光ファイバ配線及び光部品の損失を補償するための光増幅器が多数必要になる等、装置規模が非常に大きくなるとともに装置コストが高価になることである。

【0010】電氣的にスイッチする方式では、1波長あたり10Gb/sの高速電気信号を波形を劣化させずに数百本引き回す電気配線の実現と、高速で動作する大規模電気マトリックススイッチの実現が課題である。

【0011】また、初期導入時は少ない波長数でスタートし、将来のトラフィックの増加に応じて波長数を増やしていくことが一般的と考えられるが、従来構成では、初期導入時の波長数が少ない場合にも、相当な規模のスイッチ部を当初から装備しておく必要があるために、トラフィックの少ない初期導入時から装置規模が大きく、コストが高くなるという問題がある。更に、従来構成では、将来の波長増設時にも初期導入時のスイッチ構成、機能の制約の中で増設する必要があり、技術進歩に応じた、新しい機能の取り込みができない。

【0012】本発明の課題は、小型のスイッチを用いて、安価かつ簡単な構成で、拡張性に富む光ノードを提供することである。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の光ノード装置は、複数の信号入力及び複数の信号出力を持つ光ノード装置において、前記光ノードシステムに入力可能な総信号入力の一部の信号入力が入力され、該光ノードシステムが出力可能な総信号出力の一部を切替接続して出力する、少なくとも1つのサブスイッチ手段を備え、該少なくとも1つのサブスイッチ手段を備えることによって構成される非完全群スイッチによって、該光ノード装置に入力される全信号の切替接続を行うことを特徴とする。

【0014】本発明の信号の切替接続方法は、複数の信号入力及び複数の信号出力を持つ光ノード装置における信号の切替接続方法であって、（a）前記光ノードシステムに入力可能な総信号入力の一部の信号を入力するステップと、（b）該光ノードシステムが出力可能な総信号出力の一部を切替接続して出力するステップとを備え、該ステップ（a）及び（b）を該光ノード装置の全入力信号について行うことによって非完全群スイッチとしての全信号の切替接続を行うことを特徴とする。

【0015】本発明によれば、従来光ノードのスイッチ部として、大型の完全群スイッチを使用することが前提とされていたが、これを少なくとも1つ、一般には、複数のサブスイッチ手段からなる非完全群スイッチで行うようにすることにより、必要とされる個々のスイッチの規模が小さくなり、安価で簡単な構成の光ノード装置を提供することが出来る。

【0016】また、サブスイッチを異なる機能のものと置き換えることにより、容易に光ノード装置の機能拡張を行うことが出来る。

【0017】

【発明の実施の形態】図1及び図2は、本発明の実施形態の基本構成を示す図である。図1は、スイッチ回路として光スイッチを使用した場合を示し、図2は、スイ

チ回路として電気スイッチを用いた場合である。電気スイッチを用いた場合には、光信号を電気信号に変換するための光・電気変換回路と、電気信号を光信号に変換するための電気・光変換回路とが設けられる。

【0018】本実施形態では、スイッチ回路を独立したサブスイッチ回路で構成する分割構成とし、入力波長に応じてサブスイッチ回路を追加する構成とする。各スイッチ回路は基本的に独立しており、各スイッチがクロスコネクトスイッチ、パケットスイッチ、またはルータ機能を持つ。各スイッチ回路が互いに独立することにより、これらスイッチ回路をサブスイッチ回路として含むクロスコネクトスイッチとしては、完全群スイッチとしての機能は達成しない。

【0019】本構成では、各サブスイッチ回路の規模が小さく、また、波長数に応じてサブスイッチ回路を追加していくことが可能である。クロスコネクトスイッチの入力ポート数を N 、出力ポート数を N とした場合、全ての入力と全ての出力の間の接続の設定機能を持つ従来構成（完全群スイッチ）ではスイッチ部の装置規模は概ね $N \times N$ となる。本構成により、スイッチを m 個のサブスイッチに分割した場合、各スイッチの入出力数は、それぞれ N/m となるため各サブスイッチの規模は $(N/m) \times (N/m)$ であり、全体のクロスコネクトスイッチは、このサブスイッチ回路が m 個で構成されるため $(N/m) \times (N/m) \times m = N \times N/m$ となる。従って、クロスコネクト全体の装置規模は従来構成の $1/m$ となる。

【0020】更に、本構成においては、波長数に応じてスイッチ回路の数を増やす構成が取れるため、波長数が少ない時には経済的な構成が実現でき、波長数に応じたスケラビリティを実現できる。また、スイッチ回路を独立して増設できるため、スイッチ回路からなるスイッチ部に技術進歩に応じた新しい機能を取り込むことができる。また、サブスイッチ回路間は独立しているため異なる機能を持つサブスイッチ回路を混載し、多様な機能をサポートすることが可能である。

【0021】図3は、電子回路を用いたサブスイッチ回路と光回路を用いたサブスイッチ回路を混載した場合の構成を示す図である。本構成では、光スイッチ回路では波長単位（2.4Gb/s、10Gb/s等）のクロスコネクト単位のスイッチ機能を混載することが可能となる。

【0022】特に、光スイッチ回路では、波長毎の、あるいは、波長多重した全体を1まとめた切替接続を行い、電気スイッチ回路では、1つの波長に時分割に含まれるチャンネル毎の切替接続を行わせることができる。すなわち、通常、波長多重光通信の場合、複数の波長を波長多重して送信するが、1つの波長に載せられている情報は、例えば、SDHやSONETなどの信号フォーマットを使用している。従って、電気スイッチ回路は、

SDHあるいはSONETなどのフレーム（パケット）毎に切替接続したり、あるいは、小さなデータ単位によって切替接続することが出来る。

【0023】図4は、電気スイッチによる異なる機能を持つサブスイッチ回路を混載する構成を示す図である。例えば、図4の電気スイッチ回路Aは、光・電気変換回路によって電気信号に変換された光信号の波長単位で切替接続を行うクロスコネクトスイッチとし、電気スイッチBを各波長に含まれるSDHやSONETなどのフレーム毎に切替接続を行うスイッチとし、電気スイッチ回路Cは、SDHやSONETなどのフレームにマッピングされているIPパケット毎の切替接続を行うスイッチとすることができる。

【0024】また、前述したように、光信号の波長毎の切替接続あるいは、波長多重光信号をまとめて切替接続する場合などにおいては、光スイッチを使うことが出来る。このように、本発明の実施形態においては、クロスコネクトなどのスイッチシステムを完全群スイッチとすることを犠牲にして、複数の独立したサブスイッチで構成し、スイッチシステム全体の簡単化、小型化、拡張容易性を達成している。

【0025】図5は、図1～図4の実施形態の波長多重システムへの適用時の基本構成を示す図である。波長多重された光信号を伝送する複数のファイバが波長分離回路の入力部に接続され、各ファイバからの波長多重された光信号が波長分離回路により個々の単一波長の光信号に分離される。波長分離回路から出力された単一波長の光信号が、サブスイッチ回路の一つに輸入され、サブスイッチ回路でスイッチ処理された後、波長多重回路により波長多重されて、伝送路ファイバに出力される。

【0026】図6は、サブスイッチ回路として光スイッチを用いる構成例を示す図である。長距離伝送された光信号が輸入される場合は、長距離伝送されたことによる光損失に加え、光スイッチ回路で発生する光損失により光信号の信号対雑音比が更に劣化することを防ぐために、入力側に再生回路を設け、光信号を一旦受信・再生する。また、出力側においては、光スイッチ回路で発生した信号対雑音比の劣化を補償し、かつ伝送に適した光波長へ変換すべく、やはり、再生回路を設けて再生を行う。

【0027】図7は、図6の変形例であり、光入力信号の信号対雑音比が良好な場合の構成であり、再生を出力側のみで行う場合の構成である。特に、図6及び図7では、波長多重光信号の切替接続に使用する場合には、入力側の再生回路の前段に、波長分離回路を設け、出力側の再生回路の後段に、波長多重回路を設けるようにする。ただし、これは、光スイッチ回路が波長単位で切替接続を行うように構成した場合であって、光スイッチ回路が波長多重光信号をまとめて切替接続するように構成することも可能である。

【0028】なお、波長多重して出力するポートでは同一波長を同一ポートに出力することができないため、スイッチ出力の各信号の光波長を決定する光送信端局において、波長可変機能を具備することにより、各サブスイッチ出力と波長多重される出力ポートの組み合わせを変更することが出来るようにするなど、より柔軟なネットワークの運用が可能となる。

【0029】図8及び図9は、図3、4の実施形態の詳細構成例を示す図である。図8は、波長多重システムと電気スイッチ回路を組み合わせた構成例である。光ノードに波長多重された光信号を伝送する光ファイバが複数入力され、各入力ポートにおいて波長分離回路10-1～10-nにより波長多重信号が波長毎に分離される。分離された各光信号は、光・電気変換回路12により電気信号に変換され、各電気信号は、独立した複数の電気スイッチ回路14-1～14-mのひとつに接続され、各電気スイッチ回路14-1～14-mにおいて複数の入力信号と複数の出力信号との間の切替接続処理が行われる。各電気スイッチ回路14-1～14-mの複数の各出力は、電気・光変換回路13によって、それぞれ所定の波長の光信号に変換され、各光出力は複数の波長多重回路11-1～11-nのひとつに接続され、複数の波長多重信号が各出力ポートから出力される。

【0030】この構成においても、各電気スイッチ14-1～14-mは独立しており、光ノードとしては、完全群スイッチを構成していないが、スイッチ規模や装置価格を有効に縮小することができる。

【0031】図9は、波長多重伝送システム、電気スイッチ、及び光スイッチを組み合わせた場合の光ノードの構成例を示す図である。光ノードに波長多重された光信号を伝送する光ファイバが複数入力され、各入力ポートにおいて波長分離回路10-1～10-nにより波長多重信号が波長毎に分離される。分離された光信号の一部は光・電気変換回路15を介して電気スイッチ回路18-1、18-2の一つに接続され、一部の光信号は光スイッチ回路18-(1-1)、18-1の一つに入力される。電気スイッチ回路18-1、18-2では、複数の入力信号と複数の出力信号との間の切替接続処理が行われる。電気スイッチ回路18-1、18-2の内部では、各波長の信号を、より小さな(低いビットレート)信号単位に分離し(例えば、SDHやSONETのフレーム、これにマッピングされているIPパケット、ATMセルなど)、小さな信号単位でのクロスコネクトなどを行うことが可能である。各電気スイッチ回路18-1、18-2の複数の出力は、電気・光変換回路16によって、それぞれ所定の波長の光信号に変換され、各光出力は複数の波長多重回路11-1～11-nの一つに接続され、複数の波長多重信号が各出力ポートから出力される。

【0032】光スイッチ回路18-(1-1)、18-

1では、複数の光入力信号が波長単位でクロスコネクトスイッチされる。各光スイッチからの光信号は再生回路17において識別再生され、所定の波長で出力される。各光出力は複数の波長多重回路11-1～11-nの一つに接続され、電気スイッチ回路18-1、18-2からの信号と一緒に多重化されて出力される。

【0033】図10～12は、波長数増加時のスイッチ回路の増設例を示す図である。初期の波長数が少ない時期は、図10に示されるように、一つのサブスイッチ回路によりスイッチ処理を行う。次に、波長数の増加すると、図11に示すように、サブスイッチ回路を1つ増やし、2つのサブスイッチ回路によってスイッチ処理を行う。このとき、相互に切替すべき波長の光信号は、1つのサブスイッチ回路に入力するように、配線を形成する。すなわち、本実施形態では、サブスイッチ回路はそれぞれ独立しており、サブスイッチ回路間での切替接続は行われないので、ネットワーク管理者は、どのラインから送信されて来るどの波長の光信号同士が切替接続されるべきであるかを考慮した上で、波長分離回路、波長多重回路及びサブスイッチ回路との接続の仕方を決定する。また、更に波長数が増加すると、図12に示すように、更に一つのサブスイッチ回路を増設し、全体で3個のサブスイッチ回路によって切替接続を行うようにする。この場合も、上記したように、ネットワーク管理者は、相互に切替接続されるべき波長がどれとどれであるかを決定した上で、波長分離回路、波長多重回路及びサブスイッチ回路とを接続する。

【0034】このように、波長多重通信ネットワークに使用される波長数の増加に従って、必要な数のサブスイッチ回路を増設し、適切に波長分離回路、波長多重回路と接続することによって、順次増設が可能となり、初期の波長数が少ないときから大きなスイッチを用意する必要が無く、また、容易に増設が可能となる。

【0035】図13及び図14は、本発明の別の実施形態の基本構成を示す図である。図13は、光ノードをスイッチ部とスルー部で構成し、入力される信号の内、一部の信号はスイッチ処理せずにバイパスさせ、一部の信号をスイッチ回路に入力してスイッチ処理を行う部分スイッチ構成を示している。

【0036】図14は、光ノードにスルー部を設けると共に、スイッチ回路を独立したサブスイッチ回路で構成する部分スイッチ+分割スイッチ構成を示している。ここで各スイッチは、クロスコネクトスイッチ、パケットスイッチ、またはルータの機能を持つ。

【0037】図13、14の構成では、各信号パスを固定パスと可変パスに分け、トラフィック変動などに対応したパスの張り替えは可変パス部で対応することにより、全パスのスイッチが可能な構成に比べスイッチ部の装置規模を大幅に縮小している。また、スイッチ部を独立したサブスイッチに分割することにより、更に装置規

模の縮小が可能となる。

【0038】入力数 N 、出力数 N の場合、全ての入力と全ての出力の間の接続の設定機能を持つ従来構成では、スイッチ部の装置基盤は概ね $N \times N$ となる。これに対し、図13、14の構成により、入力 N 本の内 n 本を可変パスとし、 $(N-n)$ 本を固定パスとした場合、スイッチ部の装置規模は、 $n \times n$ となる。この構成では従来構成に対し、スイッチ部の装置規模は $(n \times n) / (N \times N)$ となる。

【0039】更に、スイッチ部を m 個のサブスイッチに分割した場合、各スイッチの入出力数はそれぞれ n/m となるため各サブスイッチの規模は、 $(n/m) \times (n/m)$ であり、全体のスイッチ部は、このサブスイッチが m 個で構成されるため $(n/m) \times (n/m) \times m = n \times n / m$ となる。従って、スイッチ部全体の装置規模は従来構成の $(1/m) (n \times n) / (N \times N)$ となる。

【0040】図15、16は、電気スイッチ回路を用いたサブスイッチ回路と光回路を用いたサブスイッチ回路を混載した場合の構成を示す図である。図15は、スルー回路の他に、光スイッチ回路と電気スイッチ回路を1つずつ搭載した光ノードを示している。なお、同図においては、波長多重通信システムに適用される場合に設けられる波長分離回路及び波長多重回路の図示は省略してある。従って、図15においては、光信号は既に各波長毎の信号として入力されることを前提としている。本構成の光ノードは、多くの波長を使って、信号伝送を行う場合、必ずしも全ての光ノードが全ての波長の光信号を切替接続処理可能である必要がないという観点に立って考案したものである。従って、ネットワーク管理者は、ある特定の光ノードに着目した場合に、その光ノードでは切替接続する必要がない波長が存在すると分かったときは、その波長の光信号をスルー回路に入力する。スルー回路は、光信号の増幅のための増幅器や、光信号の再生のための再生器を含むことが出来るが、一般に、入力された光信号をそのまま通過させるものである。

【0041】ネットワーク管理者は、波長単位で切替接続する必要のある光信号は、光スイッチ回路に入力するように光ノードを構成する。また、1つの波長に載っているデータパケット毎に切替接続処理する必要がある場合には、その波長の光信号は、電気スイッチ回路に入力するようにする。電気スイッチ回路で切替接続するためには、光信号を光・電気変換回路において、電気信号に変換し、電気スイッチ回路において、この電気信号からフレームやパケットを抽出し、切替接続を行った後、電気・光変換回路において電気信号を光信号に変換して送出する。

【0042】図16は、図15の構成において、光スイッチ回路及び電気スイッチ回路を複数設け、サブスイッチ回路構成としたものである。波長多重通信システムに

において、使用する波長数が増大した場合には、前述したように、サブスイッチである、光スイッチ回路や電気スイッチ回路の数を増やし、これらにラインを適切に接続することによって対応することができる。このとき、スイッチ部は、複数の独立したスイッチ回路によって構成されているので、完全群スイッチを構成しないので、適切にラインを接続しないと所望の切替接続処理が行えなくなってしまう。しかし、これは、ネットワーク管理者が増設の際に、ユーザに提供するサービスの内容を勘案すれば容易に実行可能な作業である。

【0043】なお、図16においては、スルー回路は1つしか記載されていない。これは、スルー回路の内部は、光信号をスルーする独立した回線が、相互に交錯することなく設けられているだけなので（もちろん、光増幅器や再生器を設けることは可能である）、スルー回路を複数書いても、1つだけ示した場合と実質的に変わらないので、図16においては、スルー回路は1つのみ記載している。

【0044】図17は、異なる機能を持つサブスイッチ回路を混載するシステムの構成例を示す図である。図17においては、例えば、電気スイッチAはクロスコネクトスイッチとし、電気スイッチBをパケットスイッチとし、電気スイッチCをルータとするなどの構成が可能である。このように、スイッチ部をサブスイッチ回路に分けて構成することにより、異なる種類のスイッチを混載する事が出来る。すなわち、1つの光ノードで様々なサービスを提供することが出来る。このとき、どのサブスイッチ回路にどのラインを接続するかは、接続するラインに収容されるユーザにどのようなサービスを提供するかによって決定される。

【0045】図18は、図13の実施形態の波長多重システムへの適用例を示す図である。図18の構成は、スルーされる単位が波長多重信号単位で設定される場合の例である。複数の波長多重信号の内、一部の波長多重信号は波長多重されたままスルー回路を介してバイパスされ、残りの波長多重信号が波長分離回路により個々の単一波長の光信号に分離されてスイッチ回路に入力される。そして、スイッチ回路からの各出力が波長多重回路により多重化されて伝送路ファイバに出力される。

【0046】図19は、図13の実施形態の波長多重システムへの別の適用例を示す図である。図19においては、スルー信号が波長単位で設定される。入力された波長多重信号が波長分離回路を介して波長単位に分離された後、一部の波長単位の信号がスルー回路を介してバイパスされ、残りの信号がスイッチ処理される。

【0047】図20は、図14の実施形態の波長多重システムへの適用例を示す図である。図20においては、スルーする信号単位が波長単位と波長多重信号単位といずれの設定も可能なシステムの構成例である。すなわち、一部のラインから入力する光信号は、波長多重信号

のままスルー回路に入力され、そのまま出力される。また、スルーされる光信号の中には、波長分離回路によって波長分離された後、スルー回路に入力され、そのまま出力されて、波長多重回路によって波長多重されて送出される。このように、波長単位でスルー回路を通過可能とすると、1つの波長多重信号の内、一部の波長には切替接続処理が必要であるが、他の波長には切替接続が必要でないという場合に対応が可能となる。

【0048】図21は、スイッチ回路として光スイッチ回路を用いる光ノードの構成例を示す図である。長距離伝送された光信号が入力される場合は、伝送されることによる信号対雑音比の劣化に加え、光スイッチ回路で発生する光損失により光信号の信号対雑音比が更に劣化することを防ぐために、光スイッチ回路に光信号を入力する前に再生回路によって光信号を一旦受信・再生する。また、光スイッチ回路から出力する場合においても光スイッチ部で発生した信号対雑音比の劣化を補償し、かつ伝送に適した光波長へ変換すべく、再生回路において再生を行う。

【0049】図22は、スイッチ回路として光スイッチ回路を用いる光ノードの別の構成例を示す図である。図22の場合は、光入力信号の信号対雑音比が良好な場合の構成であり、再生を出力側のみで行う場合の構成である。

【0050】なお、波長多重して出力するポートでは同一波長を同一ポートに出力することが出来ないため、スイッチ出力の各信号の光波長を決定する光送信部において、波長可変機能を具備することにより、各サブスイッチ出力と波長多重される出力ポートの組み合わせを変更することが出来るなど、より柔軟なネットワークの運用が可能になる。

【0051】図23～25は、図13、14の実施形態の詳細構成例を示す図である。図23は、波長多重システムと電気スイッチシステム回路を組み合わせ、スルーされる信号が波長単位で設定される場合の光ノードの構成例を示す図である。

【0052】光ノードに波長多重された光信号を伝送する光ファイバが複数入力され、各入力ポートにおいて波長分離回路20-1～20-nにより波長多重信号が波長毎に分離される。分離された光信号の一部は再生回路22を介してバイパスされ、残りの光信号が光・電気変換回路23により電気信号に変換され電気スイッチ回路25に接続される。再生回路22においては、信号が再生されると共に光出力波長が所定の波長に設定される。電気スイッチ回路25では、複数の入力信号と複数の出力信号との間の切替接続処理が行われる。電気スイッチ回路25の複数の各出力は電気・光変換回路24によって、それぞれ所定の波長の光信号に変換される。再生回路22及び電気・光変換回路24からの各光出力は、複数の波長多重回路21-1～21-nの一つに接続さ

れ、複数の波長多重信号が各出力ポートから出力される。

【0053】図24は、波長多重伝送システム、電気スイッチ、及び光スイッチを組み合わせ、スルーされる信号が波長単位で設定される場合の構成例を示す図である。光ノードに波長多重された光信号を伝送する光ファイバが複数入力され、各入力ポートにおいて波長分離回路20-1～20-nにより波長多重信号が波長毎に分離される。分離された光信号の一部は再生回路22を介してバイパスされ、残りの光信号の一部は光・電気変換回路28を介して電気スイッチ回路32に接続され、一部の光信号は光スイッチ回路31に入力される。電気スイッチ回路32では、複数の入力信号と複数の出力信号との間の切替接続処理が行われる。電気スイッチ回路32の内部では、各波長の信号をより小さな（低いビットレート）信号単位（SDH、SONETなどのフレーム、IPパケット、ATMセルなど）に分離し、小さな信号単位でのクロスコネクトなどを行うことが可能である。電気スイッチ回路32の複数の出力は、電気・光変換回路29によって、それぞれ所定の波長の光信号に変換される。光スイッチ回路31では、複数の光入力信号が波長単位でクロスコネクトスイッチされる。光スイッチ回路31からの光信号は再生回路30において識別再生され、所定の波長で出力される。再生回路30及び電気・光変換回路29の各光出力は、複数の波長多重回路21-1～21-nの一つに接続され、スルーされた光信号と合波された複数の波長多重信号が各出力ポートから出力される。

【0054】図25は、波長多重伝送システム、電気スイッチ、及び光スイッチを組み合わせ、スルーされる信号が波長多重単位及び波長単位のいずれの設定も可能なシステムの構成例を示す図である。

【0055】光ノードに波長多重された光信号を伝送する光ファイバが複数入力され、一部の波長多重信号はバイパスポートへ接続され、光増幅器33により所定の光レベルに増幅されて出力される。残りの波長多重信号は波長分離回路20-1～20-nにより波長単位に分離される。分離された光信号の一部は再生回路22を介してバイパスされ、残りの光信号の一部は光・電気変換回路28を介して電気スイッチ回路32に接続され、一部の光信号は光スイッチ回路31に入力される。電気スイッチ回路32では、複数の入力信号と複数の出力信号との間の切替接続処理が行われる。電気スイッチ回路32の内部では、前述したように、各波長の信号をより小さな（低いビットレート）信号単位に分離し、小さな信号単位でのクロスコネクトなどを行うことが可能である。電気スイッチ回路32の複数の出力は、電気・光変換回路29によって、それぞれ所定の波長の光信号に変換される。光スイッチ回路31では、複数の光入力信号が波長単位でクロスコネクトスイッチされる。再生回路30

及び電気・光変換回路 29 の各光出力は複数の波長多重回路 21-1 ~ 21-n の一つに接続され、再生回路 22 を通過した波長単位のスルー信号と合波された複数の波長多重信号が各出力ポートから出力される。

【0056】本構成では、スルー単位が波長多重信号及び波長単位のどちらもサポートでき、また、スイッチ単位も波長単位及び、更に小さい信号単位が選択でき、多様な機能を効率的に実現することが可能である。

【0057】図 26 ~ 図 29 は、本発明の光ノードの更に別の実施形態の基本構成を示す図である。図 26 は、波長多重信号を波長単位に分離せずに多重化された信号単位でスイッチする WDM スイッチ構成である。図 27 は、スイッチ回路を独立した複数のサブスイッチ回路で構成した、WDM スイッチ + 分割スイッチ構成である。図 28 は、一部の信号をスイッチ処理せずにバイパスする、WDM スイッチ + 部分スイッチ構成である。図 29 は、一部の信号をスルーすると共に、スイッチ部分を分割した、WDM スイッチ + 部分スイッチ + 分割スイッチ構成である。

【0058】図 26 の構成では、送信端局から送られてくる波長多重信号のスイッチ単位を波長単位ではなく波長多重信号単位で行うことにより、波長単位でスイッチする場合に比べ、スイッチ部（スイッチ回路）の規模を大幅に縮小している。

【0059】また、図 27 の構成においては、スイッチ部を複数の独立したスイッチ回路で構成することにより、スイッチ部自身は完全群でなくなるが、スイッチ全体の規模を縮小している。この場合、どのスイッチ回路にどのラインを接続するかは、ユーザに提供するサービスの内容によって決定する。

【0060】更に、図 28 の構成のように、各信号パスを固定パスと可変パスに分け、固定パスをスルー回路に、可変パスをスイッチ回路に入力するようにして、トラフィック変動などに対応したパスの張り替えは可変パス部（スイッチ回路）で対応することにより、全パスをスイッチする構成に比べスイッチ部の規模を大幅に縮小することができる。

【0061】また、図 29 に示すように、スイッチ部を独立したサブスイッチに分割することにより、更に装置規模の縮小が可能となる。入力ファイバ数 L 、出力ファイバ数 L 、各ファイバの波長多重数を M とした場合、全ての入力と全ての出力の間の接続の設定機能を波長単位で持つ従来構成では、スイッチへの入力信号総数及び出力信号総数は LM となり、スイッチ部の装置規模は概ね $LM \times LM$ となる。

【0062】図 26 の構成により、全て波長多重信号のままスイッチした場合、スイッチ規模は $L \times L$ となる。この構成では、従来構成に対し、スイッチ部の装置規模は $1 / (M \times M)$ に縮小できる。更に、図 28 のように、入力 L 本の内 n 本を可変パスとし ($L - n$) 本を固

定パスとした場合、スイッチ部の装置規模は、 $n \times n$ となる。この構成では、従来構成に対し、スイッチ部の装置規模は $(n \times n) / (LM \times LM)$ に縮小できる。

【0063】更に、図 29 のように、スイッチ部を m 個のサブスイッチに分割した場合、各スイッチの入出力数はそれぞれ n / m となるため各サブスイッチの規模は $(n / m) \times (n / m)$ であり、全体のスイッチ部は、このサブスイッチが m 個で構成されるため $(n / m) \times (n / m) \times m = n \times n / m$ となる。従って、スイッチ部全体の装置規模は従来構成の $(1 / m) (n \times n) / (LM \times LM)$ に縮小できる。

【0064】図 30 は、波長多重信号単位でスイッチするサブスイッチ回路と波長単位でスイッチするサブスイッチ回路を混載した場合の構成を示す図である。図 30 の構成においては、波長多重信号単位でスイッチ処理を行うスイッチ回路と、波長単位でスイッチ処理を行うスイッチ回路とを設けることにより、波長分離する必要のないトラフィックについては、波長多重信号単位でスイッチ処理できるので、無駄に波長分離、波長多重処理を行う必要が無く、装置規模の縮小に寄与する。

【0065】図 31 は、波長以下の単位でスイッチするスイッチ部を複数の独立したサブスイッチ回路で構成した場合の構成例を示す図である。図 31 の構成においては、スイッチ分割によるスイッチ規模の縮小効果と共に、波長数に応じてスイッチ回路の数を増やす構成が取れるため、波長数が少ない時には経済的な構成が実現でき、波長数に応じたスケラビリティを実現できる。また、スイッチ回路を独立して増設できるため、スイッチ回路に技術進歩に応じた新しい機能を取り込むことができる。更に、サブスイッチ回路間は独立しているため異なる機能を持つサブスイッチ回路を混載し、多様な機能をサポートすることが可能である。

【0066】図 32 は、電子回路を用いたサブスイッチ回路と光回路を用いたサブスイッチ回路を混載した場合の構成例を示す図である。本構成では、光スイッチ回路では、波長多重された大束の単位（波長多重信号単位）または、波長単位（2.4Gb/s、10Gb/s 等）のクロスコネクトを行い、電気スイッチ部では電子回路で多重分離処理することにより波長単位より細かい単位（150Mb/s、600Mb/s 等）のクロスコネクトなどを行う等、異なるクロスコネクト単位のスイッチ機能を混載することが可能となる。

【0067】図 33 ~ 35 は、一部の信号をスイッチ処理せずにバイパスさせるスルー回路を持つ構成を示す図である。一部の信号をスルーさせることにより前述したようにスイッチ部の規模を縮小することが可能となる。図 33 は、波長単位でスルーする構成、図 34 は、波長多重信号単位でスルーする構成、図 35 は、波長単位及び波長多重信号単位の両方のスルー回路を持つ構成である。

【0068】図36～図39は、図30～図35の実施形態のより具体的な構成を示す図である。図36は、波長多重信号単位でスイッチする光スイッチ回路、及び波長以下の単位でスイッチする電気スイッチ回路を組み合わせた構成例である。

【0069】光ノードに波長多重された光信号を送送する光ファイバが複数入力され、一部の波長多重信号は波長多重されたまま光スイッチにより方路変更された後に、光増幅器で所定のレベルに増幅されて出力される。残りの波長多重信号は波長分離回路により波長単位に分離される。分離された光信号は、光・電気変換回路を介して電気スイッチ回路に接続される。電気スイッチ回路では複数の入力信号と複数の出力信号との間の切替接続処理が行われる。電気スイッチ回路の複数の出力は、電気・光変換回路によって、それぞれ所定の波長の光信号に変換される。電気・光変換回路の各光出力は複数の波長多重回路の一つに接続され、複数の波長多重信号が各出力ポートから出力される。

【0070】図37は、波長多重信号単位でスイッチする光スイッチ回路、波長単位でスイッチする光スイッチ回路、及び波長以下の単位でスイッチする電気スイッチ回路を組み合わせた構成例を示す図である。

【0071】光ノードに波長多重された光信号を送送する光ファイバが複数入力され、一部の波長多重信号は波長多重されたまま、WDMスイッチにより方路変更された後に、光増幅器で所定のレベルに増幅されて出力される。残りの波長多重信号は波長分離回路により波長単位に分離される。分離された光信号の一部は光スイッチ回路に入力され、光スイッチ回路では複数の光入力信号が波長単位でクロスコネクトスイッチされる。各光スイッチから出力された光信号は再生回路において識別再生され、所定の波長で出力される。一部の光信号は光・電気変換回路を介して電気スイッチ回路に接続される。電気スイッチ回路では複数の入力信号と複数の出力信号との間の切替接続処理が行われる。電気スイッチ回路の内部では、各波長の信号をより小さな（低いビットレート）信号単位に分離し、小さな信号単位でのクロスコネクトなどを行うことも可能である。電気スイッチ回路の複数の出力は、電気・光変換回路によって、それぞれ所定の波長の光信号に変換される。再生回路及び電気・光変換回路の各光出力は複数の波長多重回路の一つに接続され、複数の波長多重信号が各出力ポートから出力される。

【0072】図38は、波長多重信号単位でスイッチするスイッチ回路、及び波長以下の単位でスイッチするスイッチ回路を組み合わせ、スルーされる信号が波長多重単位及び波長単位のいずれの設定も可能なシステムの構成例を示す図である。

【0073】光ノードに波長多重された光信号を送送する光ファイバが複数入力され、一部の波長多重信号はバ

イパスポートへ接続され、光増幅器1により所定の光レベルに増幅されて出力される。また、一部の波長多重信号は波長多重されたまま光スイッチにより方路変更された後に、光増幅器2で所定のレベルに増幅されて出力される。残りの波長多重信号は波長分離回路により波長単位に分離される。分離された光信号の一部は再生回路を介してバイパスされ、残りの光信号の一部は光・電気変換回路を介して電気スイッチ回路に接続される。電気スイッチ回路では複数の入力信号と複数の出力信号との間の切替接続処理が行われる。電気スイッチ回路の複数の出力は、電気・光変換回路によって、それぞれ所定の波長の光信号に変換される。再生回路及び電気・光変換回路の各光出力は複数の波長多重回路のひとつに接続され、複数の波長多重信号が各出力ポートから出力される。

【0074】図39は、図38の電気スイッチ部を独立した複数のサブスイッチで構成した例を示す図である。本構成においては、電気スイッチ部の規模縮小、スケラビリティの確保、異なる機能のスイッチの混載などを実現する構成である。

【0075】本構成においては、電気スイッチが複数のサブスイッチによって構成されている他は、図38の場合と同様である。サブスイッチである電気スイッチは、互いに独立しており、光信号が電気信号に変換されたものを切替接続する。切替接続の単位は、1つの波長に載せられているSDHやSONETなどのフレームやIPパケット、ATMセルの単位とすることが可能である。ここで、電気スイッチをサブスイッチ構成にすることによって、全体の電気スイッチが完全群でなくなるが、スイッチ規模を縮小することができる。どのラインをどのサブスイッチである電気スイッチに接続するかは、そのラインに収容されるユーザにどのようなサービスを提供するかによって決定される。

【0076】図40～図43は、本発明の光ノードの更に別の実施形態の基本構成を示す図である。図40は、光ノードをスイッチ部とスルー部で構成し、入力される信号の内、一部の信号はスイッチ処理せずにバイパスさせ、一部の信号をスイッチ回路に入力してスイッチ処理を行う部分スイッチ構成を示す図であり、更に、入力信号をスルー回路またはスイッチ回路に振り分けるスイッチ機能（振り分けスイッチ回路、選択スイッチ回路）を持つ。

【0077】図41は、スイッチ部を独立した複数のサブスイッチで構成する分割スイッチ構成であり、更に、入力信号をどのサブスイッチ回路に入力するかを振り分けるスイッチ機能（振り分けスイッチ回路、選択スイッチ回路）を持つ。

【0078】図42は、光ノードにスルー部を設けると共に、スイッチ回路を独立したサブスイッチ回路で構成する部分スイッチ＋分割スイッチ構成であり、更にスル

一回路またはサブスイッチ回路のいずれかに振り分けるスイッチ機能（振り分けスイッチ回路、選択スイッチ回路）を持つ。

【0079】図43は、光ノードにスルー部を設けると共に、スイッチ回路を独立したサブスイッチ回路で構成する部分スイッチ+分割スイッチ構成であり、入力信号の一部はスイッチを介さずにスルー回路へ入力され、一部は振り分けスイッチによりサブスイッチ回路のいずれかに振り分けられる。ここで、スイッチ回路は、クロスコネクトスイッチ、パケットスイッチ、またはルータなどの機能を持つ。

【0080】図40～図43の構成では、各信号パスを固定パスと可変パスに分け、トラフィック変動などに対応したパスの張り替えは可変パス部（スイッチ回路）で対応することにより、全パスのスイッチが可能な構成に比べスイッチ部の装置規模を大幅に縮小している。また、スイッチ部を独立したサブスイッチに分割することにより、更に装置規模の縮小が可能となる。また、入力部に振り分けスイッチ、出力部に選択スイッチを設けることにより、各入力信号の処理を選択、変更する自由度を具備している。

【0081】入力数 N 、出力数 N の場合、全ての入力と全ての出力の間の接続の設定機能を持つ従来構成ではスイッチ部の装置規模は概ね $N \times N$ となる。上記構成により、入力 N 本の内 n 本を可変パスとし $(N - n)$ 本を固定パスとした場合、スイッチ部の装置規模は、 $n \times n$ となる。この構成では従来構成に対し、スイッチ部の装置規模は $(n \times n) / (N \times N)$ となる。

【0082】更に、スイッチ部を m 個のサブスイッチに分割した場合、各スイッチの入出力数は、それぞれ n/m となるため各サブスイッチの規模は $(n/m) \times (n/m)$ であり、全体のスイッチ部は、このサブスイッチが m 個で構成されるため $(n/m) \times (n/m) \times m = n \times n/m$ となる。従って、スイッチ部全体の装置規模は従来構成の $(1/m) \times (n \times n) / (N \times N)$ となる。

【0083】上記構成では、波長数に応じてスイッチの数を増やす構成が取れるため、波長数が少ないときには経済的な構成が実現でき、波長数に応じてスケラビリティを実現できる。また、スイッチ部が独立して増設できるため、スイッチ部に技術進歩に応じた新しい機能を取り込むことが出来る。更に、サブスイッチ回路間は独立しているため異なる機能を持つサブスイッチ回路を混載し、多様な機能をサポートすることが可能である。

【0084】電子回路を用いたサブスイッチ回路と光回路を用いたサブスイッチ回路を混載した場合の構成では、光スイッチ回路では波長単位（2.4Gb/s、10Gb/s等）のクロスコネクトを行い、電気スイッチ部では電子回路で多重分離する事により波長単位より細かい単位（150Mb/s、600Mb/s等）のクロ

スコネクトなどを行う等、異なるクロスコネクト単位のスイッチ機能を混載することが可能となる。

【0085】図44～図54の実施形態は、いずれも波長多重システムへの適用例を示している。振り分け単位としては大束の波長多重信号、または波長単位以下の単位の信号（SDHやSONETなどのフレーム、IPパケット、ATMセルなど）が考えられ、スイッチする信号の単位も大束の波長多重信号、波長単位、更に電子回路により細かい単位のスイッチが考えられる。更にスルー回路及び分割スイッチの組み合わせにより多様な構成が可能であり、光ノードに求められる機能、性能により最適な構成が異なる。以下に主な構成例を示す。

【0086】図44は、サブスイッチ（スイッチ回路）への振り分け単位が波長多重信号であり、スイッチ単位が波長以下の単位の場合の例を示す図である。図44の構成においては、複数の波長多重信号が振り分けスイッチ回路に入力される。そして、複数の波長多重信号の内1つは、振り分けスイッチ回路によって複数ある波長分離回路の1つに入力される。波長分離回路では、入力された波長多重信号を各波長の信号に変換し、スイッチ回路に入力する。スイッチ回路では、入力された各波長の信号を切替接続し出力する。スイッチ回路から出力された信号は、複数ある波長多重回路の1つに入力され、他の波長の信号と波長多重されて、選択スイッチ回路に入力される。波長多重回路で生成された波長多重信号は、選択スイッチ回路において、切替出力され、1つのラインに出力される。

【0087】図45は、振り分け単位が波長多重信号であり、スルー単位が波長多重信号、スイッチ単位が波長以下の単位の例を示す図である。図45においては、複数の波長多重信号が複数のラインを介して振り分けスイッチ回路に入力される。振り分けスイッチ回路は、波長多重信号の単位でスルー回路とスイッチ回路に波長多重信号を振り分ける。スルー回路に入力された波長多重信号は、スルー回路に含まれる増幅器や再生器などによって、信号の増幅や再生を受けたのみで、切替接続されることなく、選択スイッチ回路に入力される。一方、振り分けスイッチ回路によって、スイッチ回路に向けられた波長多重信号は、波長分離回路において、各波長の信号に分波され、スイッチ回路に入力される。スイッチ回路に入力された信号は、スイッチ回路によって切替接続され、波長多重回路に入力される。波長多重回路では、入力された信号を波長多重し、波長多重信号として選択スイッチ回路に入力する。選択スイッチ回路では、スルー回路と波長多重回路からの波長多重信号を切替出力し、それぞれを適切なラインに送出する。

【0088】図46は、振り分け単位が波長多重信号であり、スイッチ回路は波長多重信号単位の大束でスイッチする回路と波長以下の単位でスイッチする回路を持つ構成例を示す図である。

【0089】図46においては、波長多重信号が複数のラインを介して振り分けスイッチ回路に入力され、波長多重信号単位でスイッチ処理する信号と、各波長単位でスイッチ処理する信号とに振り分けられる。波長多重信号単位でスイッチ処理されるべき信号はスイッチ回路に波長多重信号のまま入力され、スイッチ回路1において、切替接続され、選択スイッチ回路に出力される。一方、波長単位でスイッチ処理される信号は、波長分離回路に入力され、各波長の信号に分波される。各波長の信号はスイッチ回路2に入力されて、切替接続される。各波長の信号は、切替接続された後、波長多重回路において、波長多重され、選択スイッチ回路に入力される。選択スイッチ回路では、スイッチ回路1と波長多重回路からの波長多重信号を切替出力し、複数のラインの適切なラインにそれぞれの波長多重信号を出力する。

【0090】図47は振り分け単位が波長以下の単位であり独立した複数のサブスイッチを持つ構成例を示す図である。図47においては、複数のラインによって送信されてきた波長多重信号を波長分離回路で分離し、波長単位の信号に分波する。そして、振り分けスイッチ回路において、複数あるスイッチ回路のいずれに入力するかが決定され、切替出力される。複数あるスイッチ回路では、それぞれに入力される波長単位の信号を切替接続し、選択スイッチに出力する。選択スイッチでは、切替接続後の波長単位の信号を切替出力し、波長多重回路に入力する。波長多重回路においては、入力された波長単位の信号を波長多重し、波長多重信号として各ラインに出力する。

【0091】図48は、振り分け単位が波長以下の単位であり、スルー回路とスイッチ回路を持つ例を示す図である。図48においては、複数のラインを介して、波長多重信号が波長分離回路に入力される。波長分離回路において、波長多重信号は各波長の信号に分離され、各波長の信号は振り分けスイッチ回路に入力される。振り分けスイッチ回路においては、各波長の信号を波長単位で、スルーするかスイッチ処理するかによって、スルーする信号をスルー回路に入力し、スイッチ処理する信号はスイッチ回路に入力される。スルー回路に入力された信号は、例えば、再生器によって信号再生され、そのまま選択スイッチ回路に出力される。一方、スイッチ回路では、波長単位の信号を切替接続し、選択スイッチ回路に出力する。選択スイッチ回路においては、各波長の信号を複数の波長多重回路に適切に切替出力する。波長多重回路においては、入力された各波長の信号を波長多重し、各ラインに出力する。

【0092】図49は、図48の例において、スイッチ回路が光スイッチ回路と電気スイッチ回路から構成される例を示す図である。図49においては、複数のラインを介して波長多重信号が波長分離回路に入力される。波長分離回路においては、波長多重信号を各波長の信号に

分離し、振り分けスイッチ回路に入力する。振り分けスイッチ回路においては、各波長の信号をスルー回路に入力するか、光スイッチ回路に入力するか、あるいは、電気スイッチ回路に入力するかを決定し、切替出力する。スルー回路に入力された信号は、スルー回路に含まれる再生器などによって信号再生が行われ、そのまま選択スイッチ回路に入力される。また、光スイッチ回路に入力された信号は、波長単位で切替接続処理が行われ、その後、選択スイッチ回路に入力される。振り分けスイッチ回路から電気スイッチ回路に送出された信号は、不図示の光・電気変換回路によって、電気信号に変換され、電気スイッチ回路に入力される。電気スイッチ回路においては、波長単位より小さなデータ単位(SDHやSONETのフレーム、IPパケット、ATMセルなど)で切替接続し、再び波長毎の信号に組み立て直して、不図示の電気・光変換回路に入力する。電気・光変換回路において生成された光信号は、選択スイッチ回路に入力される。

【0093】スルー回路、光スイッチ回路、及び電気スイッチ回路から選択スイッチ回路に入力された波長単位の光信号は、波長多重回路に切替出力され、波長多重回路において、波長多重信号に構成されて、ラインに出力される。

【0094】光スイッチが波長単位のスイッチであるのに対し、電気スイッチでは電氣的に分離することにより、更に細かい単位でのスイッチも可能である。図50は、図45の例においてスイッチ部が独立した複数のサブスイッチ回路、振り分けスイッチ、及び選択スイッチで構成される例を示す図である。

【0095】図50においては、複数のラインを介して、波長多重信号が振り分けスイッチ回路1に入力される。振り分けスイッチ回路1では、波長多重信号の単位で、信号をスルー回路に入力するか、スイッチ回路に入力するかを決定し、切替出力する。スルー回路に入力された波長多重信号は、再生器などによって信号再生された後、そのまま選択スイッチ回路1に入力される。一方、スイッチ回路に入力されるべき波長多重信号は、波長分離回路に入力されて各波長の信号に分波された後、振り分けスイッチ回路2によって、複数あるスイッチ回路のいずれに入力すべきかによって、切替出力される。スイッチ回路では、波長単位の信号をスイッチ処理し、選択スイッチ回路2に入力する。選択スイッチ回路2では、波長毎の信号を切替出力し、波長多重回路に入力する。波長多重回路においては、入力された波長毎の信号を波長多重し、波長多重信号にして、選択スイッチ回路1に入力する。選択スイッチ回路1においては、波長多重信号を複数のラインのいずれに出力するかによって、決定されたラインに波長多重信号を切替出力する。

【0096】図51は、図46の例において波長以下の単位のスイッチ部が複数の独立したサブスイッチ、振り

分けスイッチ、及び選択スイッチから構成される例を示した図である。

【0097】図51においては、複数のラインを介して、波長多重信号が入力される。振り分けスイッチ回路1では、波長多重信号単位で、スイッチ処理を行うべき信号か、波長単位でスイッチ処理を行うべき信号かによって、波長多重信号単位でスイッチ処理を行うべき信号は、スイッチ回路1に入力し、波長単位でスイッチ処理すべき信号は、波長分離回路に入力する。スイッチ回路1では、波長多重信号単位で信号を切替接続し、選択スイッチ回路1に出力する。一方、波長単位でスイッチ処理すべき信号は、波長分離回路に入力され、波長単位の信号に分波される。波長毎に分波された信号は、振り分けスイッチ回路2に入力され、複数あるスイッチ回路2～nのいずれに入力すべきかによって、信号を切替出力して、適切なスイッチ回路2～nのいずれかに入力する。各スイッチ回路2～nでは、信号を切替接続し、選択スイッチ回路2に出力する。選択スイッチ回路2では、どの信号とどの信号を波長多重すべきかによって、波長多重回路に切替出力する。波長多重回路では、入力された波長単位の信号を波長多重し、波長多重信号を生成して、選択スイッチ回路1に入力する。選択スイッチ回路1では、入力された波長多重信号を適切なラインに切替出力する。

【0098】図52は、図50の例において、サブスイッチの一つがスルー回路に置き換わった例を示す図である。図52においては、複数のラインから入力される波長多重信号が振り分けスイッチ回路1に入力され、波長多重信号単位でスルーする信号、波長毎に処理を行う信号に分けられ、それぞれがスルー回路1と波長分離回路に入力される。スルー回路1では、波長多重信号をそのまま再生器などによって再生し、選択スイッチ回路1に入力する。波長単位で処理すべき信号は、波長分離回路に入力され、各波長の信号に分離される。各波長の信号は、振り分けスイッチ回路2に入力され、スルーすべき信号とスイッチ回路においてスイッチ処理すべき信号とに分けられ、それぞれスルー回路2とスイッチ回路に入力される。スルー回路2では、信号の再生などが行われ、そのまま信号をスルーして、選択スイッチ回路2に出力する。一方、スイッチ回路に入力された信号は、切替接続されて、選択スイッチ回路2に出力される。選択スイッチ回路2においては、波長多重すべき信号がそれぞれ1つの波長多重回路に入力されるように切替出力する。波長多重回路では、入力された信号を波長多重し、波長多重信号として、選択スイッチ回路1に出力する。選択スイッチ回路1では、スルー回路1及び波長多重回路から入力された波長多重信号を、適切なラインに送出するように切替出力する。

【0099】図53は、図50の例において、サブスイッチの一つがスルー回路に置き換わり、また光回路を用

いたサブスイッチと電子回路を用いたサブスイッチ回路で構成される例を示す図である。

【0100】図53においては、複数のラインを介して波長多重信号が振り分けスイッチ回路1に入力される。振り分けスイッチ回路1は、波長多重信号単位でスルーする信号、波長毎に処理する信号の区別によって、波長多重信号を切替出力する。波長多重単位でスルーする信号は、スルー回路1に入力され、再生器等によって再生された後、選択スイッチ回路1に入力される。一方、波長毎に処理されるべき信号は、波長多重信号のまま波長分離回路に入力され、各波長の信号に分波される。振り分けスイッチ回路2は、波長分離回路から各波長に分波された信号を受け取り、その信号をスルーするか、光信号のままスイッチ処理するか、あるいは、電気信号に変換してからスイッチ処理するかによって、切替出力する。スルー回路2は、波長単位で入力された信号を再生処理し、そのまま選択スイッチ回路2に入力する。また、光スイッチ回路では、入力された信号を光信号のまま、スイッチ処理し、選択スイッチ回路2に出力する。電気スイッチ回路では、振り分けスイッチ回路2から出力された光信号を、不図示の光・電気変換回路によって電気信号に変換した信号に基づいてスイッチ処理をする。電気スイッチ回路では、1つの波長の信号に含まれるもっと小さなデータ単位（SDHやSONETのフレーム、IPパケット、ATMセルなど）でスイッチ処理が可能である。電気スイッチ回路から出力された信号は、不図示の電気・光変換回路によって光信号に変換され、選択スイッチ回路2に入力される。選択スイッチ回路2は、1つの波長多重信号に多重されるべき波長単位の信号が1つの波長多重回路に入力されるように切替出力する。波長多重回路では、入力された波長単位の信号を波長多重し、選択スイッチ回路1に入力する。選択スイッチ回路1は、このようにして得られた波長多重信号をそれぞれのラインに出力する。

【0101】図54は、図41の詳細構成例を示す図である。振り分けスイッチ回路は各入力信号毎に1:2の光スイッチにより二つのサブスイッチ回路（電気マトリックススイッチ）に振り分ける構成である。振り分けられた光信号は光・電気変換回路により電気信号に変換されて電気マトリックススイッチに入力される。電気マトリックススイッチからの出力は電気・光変換回路により光信号に変換された後、選択スイッチに入力される。選択スイッチは2:1の光スイッチであり、ふたつのサブスイッチ回路（電気マトリックススイッチ）の出力の一方を選択して出力する。

【0102】図55は、本発明の光ノードの更に別の実施形態の基本構成を示す図である。入力される複数の波長多重された信号を光ADM（ADD/DROP MUX）に入力し、光ADMのDROPポートをスイッチ回路に入力し、スイッチ回路の出力を光ADMのADDポ

ートに接続する。スイッチ回路は複数の光ADMからの光信号と共に光ADM以外の装置からの信号も含めてスイッチ処理を行い、光ADMまたは光ADM以外の装置へ出力する。

【0103】このような構成にすることにより、光ADMでサービスの変化に対応して、ADD/DROPする光信号の波長を可変する事により、光信号を入力するスイッチ回路のポートあるいは、複数のスイッチ回路が設けられている場合には、どのスイッチ回路に信号を入力するかを選択することが出来、よりサービス性の富んだ光ノードを提供することが出来る。

【0104】図56は、図55の構成に加えて波長多重された信号をスイッチする回路を設けた構成を示す図である。図56においては、各光ADMに入力する波長多重信号の中から特定の波長の光信号がDROPされ、スイッチ回路1に入力される。スイッチ回路1では、光ADMからの信号や、他の装置からの信号をスイッチ処理し、光ADMあるいは、他の装置に出力する。スイッチ回路1から信号を受け取った光ADMは、受け取った光信号を、メインストリームにADDし、出力する。そして、図56においては、更に、複数の光ADMから出力された波長多重信号をスイッチ回路2に入力し、波長多重信号単位でラインの切替処理を行う様にしている。このようにすることによって、メインストリームの切替接続処理を行うことが出来る。

【0105】図57及び図58は、それぞれ図55及び図56の構成において、スイッチ回路を複数の独立したサブスイッチで構成した変形例を示した図である。図57は、図55において、光ADMでDROPされた光信号を独立した複数のスイッチ回路で切替接続処理を行う構成である。前述したように、スイッチ回路を独立した複数のスイッチ回路で構成することにより、スイッチ全体としては完全群ではなくなるが、スイッチ規模やコストを大きく削減することが出来る。

【0106】図58は、図56において、光ADMでDROPされた光信号を独立の複数のスイッチ回路で切替接続処理を行う構成である。この場合、スイッチ回路1-1~1-nは、波長単位で切替接続するものであるが、更に、スイッチ回路2を設けて、波長多重信号単位、すなわち、メインストリームについても切替処理を行う構成となっている。

【0107】なお、図55~図58の実施形態において、DROPポートに接続されたスイッチ回路は、クロスコネクタスイッチ、パケットスイッチ、またはルータなどの機能を持つ。

【0108】図55の構成では、各信号パスを固定パス（メインストリーム）と可変パス（ADD/DROPパス）に分け、トラフィック変動などに対応したパスの張り替えは可変パス部で対応することにより、全パスのスイッチが可能な構成に比べスイッチ部の装置規模を大幅

に縮小している。固定パスと可変パスの振り分けを光ADMにより波長単位で行い、固定パスはDROPせずにスルーさせ、可変パスはDROPする。また、DROPする波長、リジェクションする（信号の送信を止める）波長、及びADDする波長を、遠隔操作により変更できる可変型光ADMを用いることにより、固定パス/可変パスの選択を波長単位で柔軟に変更することが可能となる。図56では、更に波長多重信号レベルでのスイッチ機能を設けることにより、大束のスイッチ処理も可能にしている。また、図57及び図58に示すように、スイッチ部を独立したサブスイッチに分割することにより、更にスイッチ回路の規模の縮小が可能となる。また、可変型光ADMを用いることにより、光ADMにおいて、固定パス、可変パスの選択だけでなく、任意の波長を任意のサブスイッチへ接続することが可能となる。

【0109】入力数N、出力数Nの場合、全ての入力と全ての出力の間の接続の設定機能を持つ従来構成ではスイッチ部の装置規模は概ね $N \times N$ となる。本構成により、入力N本の内n本を可変パスとし（ $N-n$ ）本を固定パスとした場合、スイッチ部の装置規模は、 $n \times n$ となる。この構成では従来構成に対し、スイッチ部の装置規模は $(n \times n) / (N \times N)$ となる。

【0110】更に、スイッチ部をm個のサブスイッチに分割した場合、各スイッチの入出力数はそれぞれ n/m となるため各サブスイッチの規模は $(n/m) \times (n/m)$ であり、全体のスイッチ部はこのサブスイッチがm個で構成されるため $(n/m) \times (n/m) \times m = n \times n/m$ となる。従って、スイッチ部全体の装置規模は従来構成の $(1/m) (n \times n) / (N \times N)$ となる。

【0111】前述したように、本構成においても、波長数に応じてスイッチの数を増やす構成が取れるため、波長数が少ない時には経済的な構成が実現でき、波長数に応じたスケラビリティを実現できる。また、スイッチ部が独立して増設できるため、スイッチ部に技術進歩に応じた新しい機能を取り込むことができる。更に、サブスイッチ回路間は独立しているため異なる機能を持つサブスイッチ回路を混載し、多様な機能をサポートすることが可能である。

【0112】図59及び図60は、電子回路を用いたサブスイッチ回路と光回路を用いたサブスイッチ回路を混載した場合の構成を示す図である。図59においては、光ADMにおいて、波長単位で切替接続処理を行う波長の信号をDROPするが、これを光スイッチ回路に入力するか、電気スイッチ回路に入力するかを選択できるように、それぞれに出力ポートを設ける。光スイッチ回路に入力された信号は、波長単位でスイッチ処理され、再び光ADMに送られて、スルー信号にADDされる。一方、電気スイッチ回路に送られた信号は、不図示の光・電気変換回路によって電気信号に変換され、電気信号としてスイッチ処理され、電気スイッチ回路の出力側に設

けられる電気・光変換回路によって再び光信号に変換されて、光ADMに送られる。

【0113】図60は、図58の構成において、電気スイッチを導入した構成例を示す図である。図60においては、図59と同様に、光ADMからの信号を光信号のままスイッチ処理できると共に、電気信号に変換してから電気スイッチ回路でスイッチ処理し、スイッチ処理後光信号に戻して、光ADMに送る構成となっている。この場合、光スイッチ回路、電気スイッチ回路においては、波長単位あるいは、それ以下の単位でスイッチ処理が行われるが、更に、スイッチ回路を設けることによって、波長多重信号単位でスイッチ処理を行うことが出来るように構成されている。

【0114】このように、図59、60の構成では、光スイッチ回路では波長単位（2.4Gb/s、10Gb/s等）のクロスコネクトを行い、電気スイッチ部では電子回路で多重分離処理することにより波長単位より細かい単位（150Mb/s、600Mb/s等）のクロスコネクトなどを行う等、異なるクロスコネクト単位のスイッチ機能を混載することが可能となる。

【0115】図61、及び図62は、図60の構成において、それぞれ、波長多重信号単位のスイッチ処理を行うスイッチ回路を光ADMの入力部、中段部に設けた構成を示す図である。

【0116】図61においては、波長多重信号単位での切替処理を行うスイッチ回路1が光ADMの入力側にある構成を示している。図61の場合は、光ADM及びスイッチ回路2によって、波長単位のスイッチ処理が行われる前の状態で、波長多重信号単位にスイッチ処理を行う構成となっている。

【0117】図62においては、波長多重信号単位で切替処理を行うスイッチ回路1が光ADMの波長DROP回路と波長ADD回路の中間に設けられている構成である。この場合、スイッチ回路2によって波長単位でスイッチ処理が行われる信号は、スイッチ回路1ではスイッチ処理が行われない。すなわち、図62に構成においては、メインストリームであるスルー信号をスイッチ回路1によってスイッチ処理するものである。従って、実際にスルーされる信号は、スイッチ回路1において、方路変更が行われなかった信号のみとなる。

【0118】図63は、スイッチ部を、複数の独立したサブスイッチ回路、振り分けスイッチ回路、及び選択スイッチ回路により構成した例を示す図である。図63においては、光ADMが可変型でない場合にサブスイッチ（スイッチ回路）の選択を振り分けスイッチ及び選択スイッチにより行うことが可能である。

【0119】光ADMがADD/DROPする波長が固定されたシステムである場合、複数のスイッチ回路の内、どのスイッチ回路に信号を入力するかを選択することが不可能となる。従って、この場合には、スイッチ回

路の前段に振り分けスイッチ回路を、後段に選択スイッチ回路を設けるようにする。振り分けスイッチ回路は、入力された信号をどのようにスイッチ処理するかによって、入力するスイッチ回路を選択する。また、スイッチ回路によって切替接続されたのち、出力される信号は、選択スイッチ回路によってどの光ADMにADD信号として入力するかによって、選択出力される。

【0120】なお、図55の説明でも述べたように、図56～図63の構成においても、波長単位で切替接続するスイッチ回路には、光ADMのみではなく、他の装置からも信号が入力され、スイッチ処理の結果、他の装置からの信号が光ADMに送られたり、光ADMからの信号が他の装置に送られることもある。

【0121】図64及び図65は、光ADMの構成例を示す図である。信号DROP回路は、光分岐回路、及び波長多重された信号から一つの波長を選択するチューナブルフィルタを用いて構成され、信号ADD回路は、光波長変換回路、及び光合流回路を用いて構成される。

【0122】図64は、波長リジェクションフィルタを音響光学チューナブル波長フィルタにより構成する例であり、図65は、波長リジェクションフィルタを、波長分離回路、光シャッタ、波長多重回路により構成する例である。これらの構成ではADD、DROPする波長を柔軟に変更することが可能である。

【0123】図64においては、入力される波長多重信号は、まず光増幅器1に入力される。これは、伝送ロスを補償するためである。次に、増幅された光多重信号は、光分岐回路1に入力される。光分岐回路1では、波長多重信号を分岐し、分岐された波長多重信号は、光増幅器2で増幅される。これは、光分岐回路1の分岐ロスを補償するためである。次に、光増幅器2で増幅された波長多重信号は、光分岐回路2に入力され、各波長の信号に変換される。そして、チューナブル波長フィルタによって、必要な波長の信号のみを通過させることによって、任意の波長の信号をDROPする。

【0124】一方、ADD側においては、入力された信号を波長変換回路によって、波長多重に適した波長に各信号の波長を変換する。そして、各波長の光信号を光合流回路2によって合流し、光増幅器3によって増幅する。この増幅は、次段の光合流回路1におけるロスを予め補償するものである。

【0125】また、音響光学チューナブル波長フィルタは、光分岐回路1から送られてきた波長多重信号の内、DROPされた波長の信号以外の信号を通過させ、DROPされた波長の信号の通過を阻止する（波長リジェクション）。

【0126】そして、音響光学チューナブル波長フィルタを通過してきた信号と、光増幅器3から送られてきた信号とを光合流回路1によって合流し、最後に、光増幅器4によって、長距離伝送可能なように光信号のパワー

を増幅して送出する。

【0127】図65においては、図64において、音響光学チューナブル波長フィルタの代わりに、波長分離回路、光シャッタ、及び波長多重回路を設けている。その他の部分の動作は、図64と同じなので説明を省略する。

【0128】光分岐回路1から送られてくる波長多重信号は、波長分離回路に入力され、各波長の信号に分波される。各波長の信号の伝送路には、光シャッタが設けられており、チューナブル波長フィルタによってDRO P された信号と同じ波長の信号の伝送路にシャッタを下ろし、その波長の信号が通過できないようにする（波長リジェクション）。光シャッタが下りない伝送路を通過する光信号は、波長多重回路に入力され、波長多重される。そして、波長多重回路からの波長多重信号は、光合流回路1において、ADD信号と合流され、光増幅器4を介して送出される。

【0129】なお、上記実施形態の説明において、「切替接続処理」、「スイッチ処理」、及び「クロスコネク ト処理」はほぼ同意義で使用している。また、上記実施形態の説明で記載した光スイッチ（光マトリックススイッチ、スイッチ回路、光スイッチ回路、WDMスイッチ回路、波長スイッチ回路）、電気スイッチ（電気マトリックススイッチ、スイッチ回路、電気スイッチ回路）、波長分離回路、波長多重回路、光・電気変換回路、電気・光変換回路、再生回路については、公知であるので詳細には説明しないが、以下の文献を参考いただきたい。

・光スイッチ

(1) L.Y.Lin, et al., "High-density Connection-symmetric Free-spaceMicromachined Polygon Optical Crossconnects Low Loss for WDM Networks", OFC' 98, PD24, 1998

(2) Toshio Shimoe, et al., "A Path-independent-insertion-Loss Optical Space Switching Network", ISS' 87, C12.2, 1987

・電気スイッチ

(1) K.D.Pedrotti, et al., "WEST 120-Gb/s 3x3 wavelength-divisionmultiplexed cross-connect", OFC' 98, TuJ7, 1998

・波長分離回路、波長多重回路

(1) K.Okamoto, et al., "Arrayed-waveguide grating multiplexer with flat spectral response", OPTICS LETTERS, Vol.20, No.1, pp.43-45, 1995

・光・電気変換回路、電気・光変換回路、再生回路

(1) M.Ushirozawa, et al., "Bit-rate-Independent SDH/SONET Regenerator for Optical Network", ECOC ' 97, Vol.4, pp25-28, 1997

以上、本発明の実施形態を特定の構成について説明したが、当業者によれば、これらのその他の組み合わせや変

形が容易に可能であることが理解されよう。

【0130】

【発明の効果】本発明によれば、大容量光ノードシステムの装置規模及びコストを大幅に削減することができ、また、波長数に応じたアップグレーダビリティを確保できる。更に、光クロスコネク トスイッチと電気クロスコネク トスイッチなど、グラニュラリティ（スイッチ処理の単位）の異なるスイッチの混載、及びクロスコネク トスイッチとパケットスイッチの混載等、異なる機能を持つスイッチの混載等、多様な機能を柔軟かつ効率的にサポートする大容量光ノードシステムを実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態の基本構成を示す図（その1）である。

【図2】本発明の実施形態の基本構成を示す図（その2）である。

【図3】電子回路を用いたサブスイッチ回路と光回路を用いたサブスイッチ回路を混載した場合の構成を示す図である。

【図4】電気スイッチによる異なる機能を持つサブスイッチ回路を混載する構成を示す図である。

【図5】図1～図4の実施形態の波長多重システムへの適用時の基本構成を示す図である。

【図6】サブスイッチ回路として光スイッチを用いる構成例を示す図である。

【図7】図6の変形例であり、光入力信号の信号対雑音比が良好な場合の構成であり、再生を出力側のみで行う場合の構成である。

【図8】図3、4の実施形態の詳細構成例を示す図（その1）である。

【図9】図3、4の実施形態の詳細構成例を示す図（その2）である。

【図10】波長数増加時のスイッチ回路の増設例を示す図（その1）である。

【図11】波長数増加時のスイッチ回路の増設例を示す図（その2）である。

【図12】波長数増加時のスイッチ回路の増設例を示す図（その3）である。

【図13】本発明の別の実施形態の基本構成を示す図（その1）である。

【図14】本発明の別の実施形態の基本構成を示す図（その2）である。

【図15】電気スイッチ回路を用いたサブスイッチ回路と光回路を用いたサブスイッチ回路を混載した場合の構成を示す図（その1）である。

【図16】電気スイッチ回路を用いたサブスイッチ回路と光回路を用いたサブスイッチ回路を混載した場合の構成を示す図（その2）である。

【図17】異なる機能を持つサブスイッチ回路を混載す

るシステムの構成例を示す図である。

【図 18】図 13 の実施形態の波長多重システムへの適用例を示す図である。

【図 19】図 13 の実施形態の波長多重システムへの別の適用例を示す図である。

【図 20】図 14 の実施形態の波長多重システムへの適用例を示す図である。

【図 21】スイッチ回路として光スイッチ回路を用いる光ノードの構成例を示す図である。

【図 22】スイッチ回路として光スイッチ回路を用いる光ノードの別の構成例を示す図である。

【図 23】図 13、14 の実施形態の詳細構成例を示す図（その 1）である。

【図 24】図 13、14 の実施形態の詳細構成例を示す図（その 2）である。

【図 25】図 13、14 の実施形態の詳細構成例を示す図（その 3）である。

【図 26】本発明の光ノードの更に別の実施形態の基本構成を示す図（その 1）である。

【図 27】本発明の光ノードの更に別の実施形態の基本構成を示す図（その 2）である。

【図 28】本発明の光ノードの更に別の実施形態の基本構成を示す図（その 3）である。

【図 29】本発明の光ノードの更に別の実施形態の基本構成を示す図（その 4）である。

【図 30】波長多重信号単位でスイッチするサブスイッチ回路と波長単位でスイッチするサブスイッチ回路を混載した場合の構成を示す図である。

【図 31】波長以下の単位でスイッチするスイッチ部を複数の独立したサブスイッチ回路で構成した場合の構成例を示す図である。

【図 32】電子回路を用いたサブスイッチ回路と光回路を用いたサブスイッチ回路を混載した場合の構成例を示す図である。

【図 33】一部の信号をスイッチ処理せずにバイパスさせるスルー回路を持つ構成を示す図（その 1）である。

【図 34】一部の信号をスイッチ処理せずにバイパスさせるスルー回路を持つ構成を示す図（その 2）である。

【図 35】一部の信号をスイッチ処理せずにバイパスさせるスルー回路を持つ構成を示す図（その 3）である。

【図 36】図 30～図 35 の実施形態のより具体的な構成を示す図（その 1）である。

【図 37】図 30～図 35 の実施形態のより具体的な構成を示す図（その 2）である。

【図 38】図 30～図 35 の実施形態のより具体的な構成を示す図（その 3）である。

【図 39】図 30～図 35 の実施形態のより具体的な構成を示す図（その 4）である。

【図 40】本発明の光ノードの更に別の実施形態の基本構成を示す図（その 1）である。

【図 41】本発明の光ノードの更に別の実施形態の基本構成を示す図（その 2）である。

【図 42】本発明の光ノードの更に別の実施形態の基本構成を示す図（その 3）である。

【図 43】本発明の光ノードの更に別の実施形態の基本構成を示す図（その 4）である。

【図 44】図 40～図 43 の実施形態の波長多重システムへの適用例を示した図（その 1）である。

【図 45】図 40～図 43 の実施形態の波長多重システムへの適用例を示した図（その 2）である。

【図 46】図 40～図 43 の実施形態の波長多重システムへの適用例を示した図（その 3）である。

【図 47】図 40～図 43 の実施形態の波長多重システムへの適用例を示した図（その 4）である。

【図 48】図 40～図 43 の実施形態の波長多重システムへの適用例を示した図（その 5）である。

【図 49】図 40～図 43 の実施形態の波長多重システムへの適用例を示した図（その 6）である。

【図 50】図 40～図 43 の実施形態の波長多重システムへの適用例を示した図（その 7）である。

【図 51】図 40～図 43 の実施形態の波長多重システムへの適用例を示した図（その 8）である。

【図 52】図 40～図 43 の実施形態の波長多重システムへの適用例を示した図（その 9）である。

【図 53】図 40～図 43 の実施形態の波長多重システムへの適用例を示した図（その 10）である。

【図 54】図 40～図 43 の実施形態の波長多重システムへの適用例を示した図（その 11）である。

【図 55】本発明の光ノードの更に別の実施形態の基本構成を示す図である。

【図 56】図 55 の構成に加えて波長多重された信号をスイッチする回路を設けた構成を示す図である。

【図 57】それぞれ図 55 及び図 56 の構成において、スイッチ回路を複数の独立したサブスイッチで構成した変形例を示した図（その 1）である。

【図 58】それぞれ図 55 及び図 56 の構成において、スイッチ回路を複数の独立したサブスイッチで構成した変形例を示した図（その 2）である。

【図 59】電子回路を用いたサブスイッチ回路と光回路を用いたサブスイッチ回路を混載した場合の構成を示す図（その 1）である。

【図 60】電子回路を用いたサブスイッチ回路と光回路を用いたサブスイッチ回路を混載した場合の構成を示す図（その 2）である。

【図 61】図 60 の構成において、それぞれ、波長多重信号単位のスイッチ処理を行うスイッチ回路を光 ADM の入力部、中段部に設けた構成を示す図（その 1）である。

【図 62】図 60 の構成において、それぞれ、波長多重信号単位のスイッチ処理を行うスイッチ回路を光 ADM

の入力部、中段部に設けた構成を示す図（その 2）である。

【図 6 3】スイッチ部を、複数の独立したサブスイッチ回路、振り分けスイッチ回路、及び選択スイッチ回路により構成した例を示す図である。

【図 6 4】光 ADM の構成例を示す図（その 1）である。

【図 6 5】光 ADM の構成例を示す図（その 2）である。

【図 6 6】従来のクロスコネクシステムの基本構成例を示す図（その 1）である。

【図 6 7】従来のクロスコネクシステムの基本構成例を示す図（その 2）である。

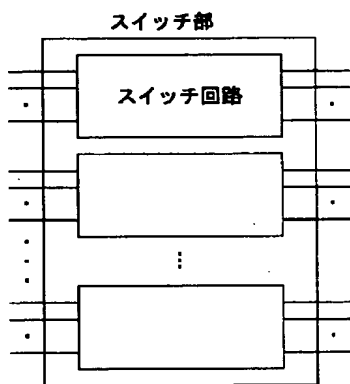
【図 6 8】波長単位で切替接続を行う従来の光クロスコネクシステムの基本構成例を示す図である。

【符号の説明】

20-1 ~ 20-n	波長分離回路
21-1 ~ 21-n	波長多重回路
22	再生回路
23、28	光・電気変換回路
24、29	電気・光変換回路
25	電気スイッチ回路
30	再生回路
31	光スイッチ回路
32	電気スイッチ回路
33	光増幅器

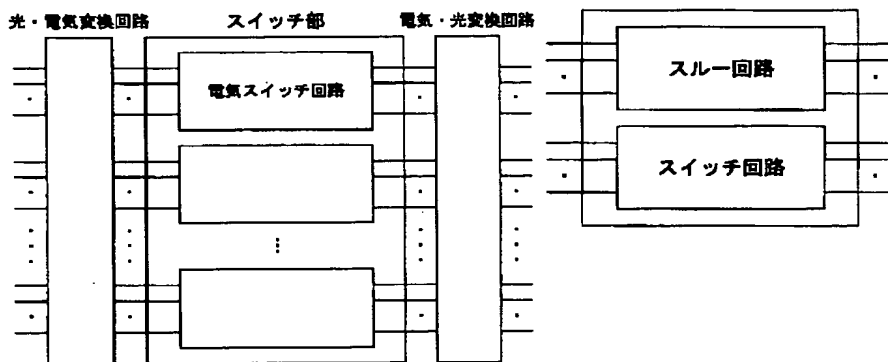
【図 1】

本発明の実施形態の
基本構成を示す図（その 1）



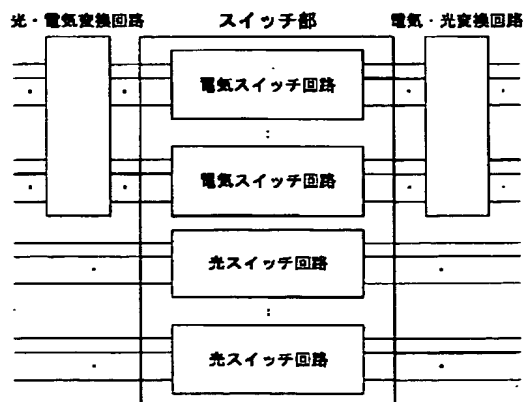
【図 2】

本発明の実施形態の基本構成を示す図（その 2） 本発明の別の形態の
基本構成を示す図（その 1）



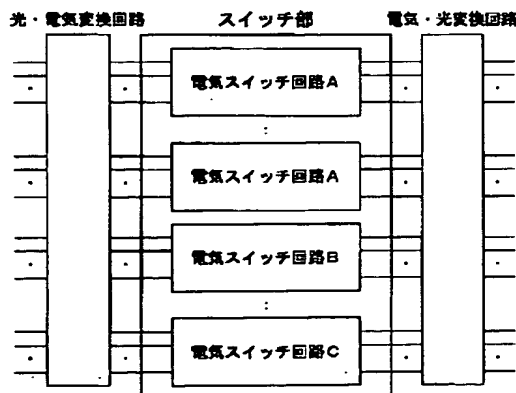
【図 3】

電子回路を用いたサブスイッチ回路と光回路を用いた
サブスイッチ回路を混載した場合の構成を示す図



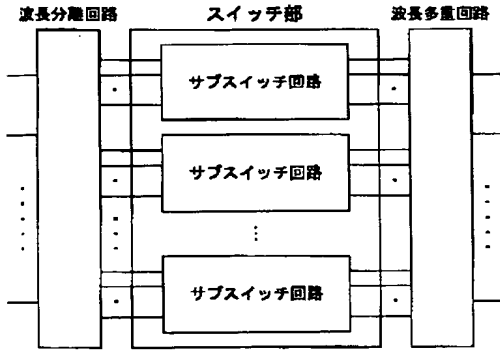
【図 4】

電気スイッチによる異なる機能を持つ
サブスイッチ回路を混載する構成を示す図



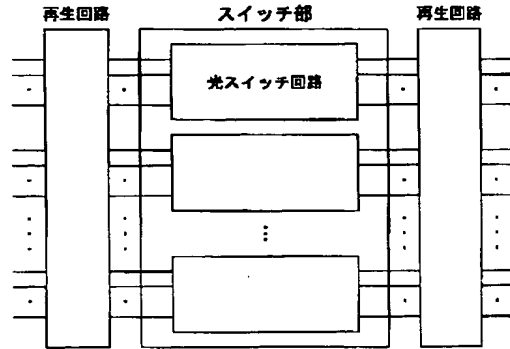
【図5】

図1～図4の実施形態の波長多重システムへの
適用時の基本構成を示す図



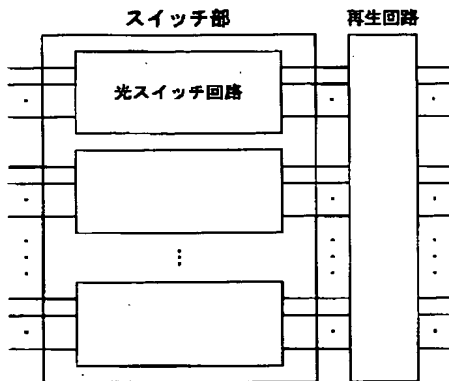
【図6】

サブスイッチ回路として光スイッチを用いる構成例を示す図



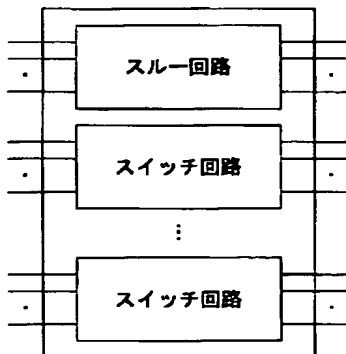
【図7】

図6の変形例であり、光入力信号の
信号対雑音比が良好な場合の構成であり、
再生を出力側のみで行う場合の構成図



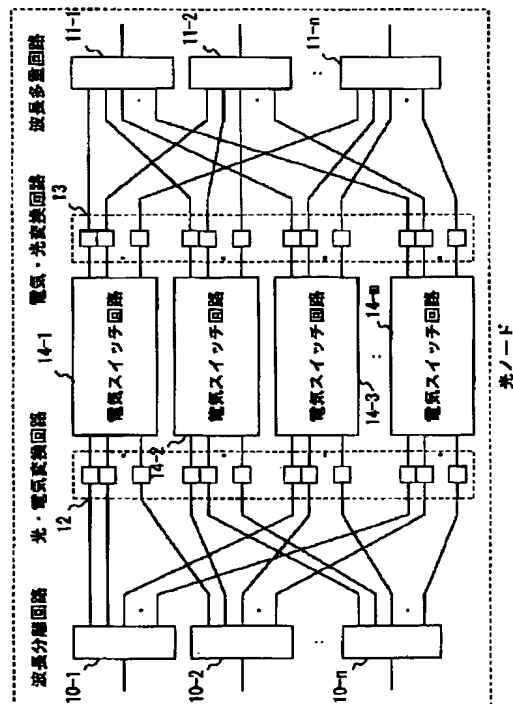
【図14】

本発明の別の実施形態の
基本構成を示す図（その2）



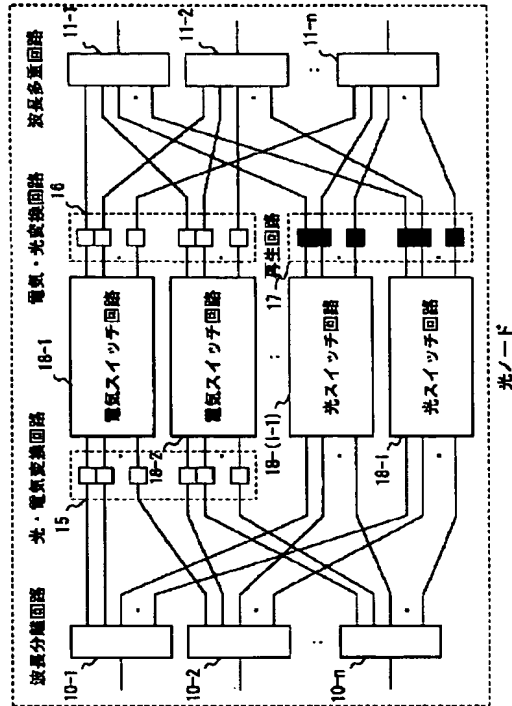
【図8】

図3、4の実施形態の詳細構成例を示す図（その1）



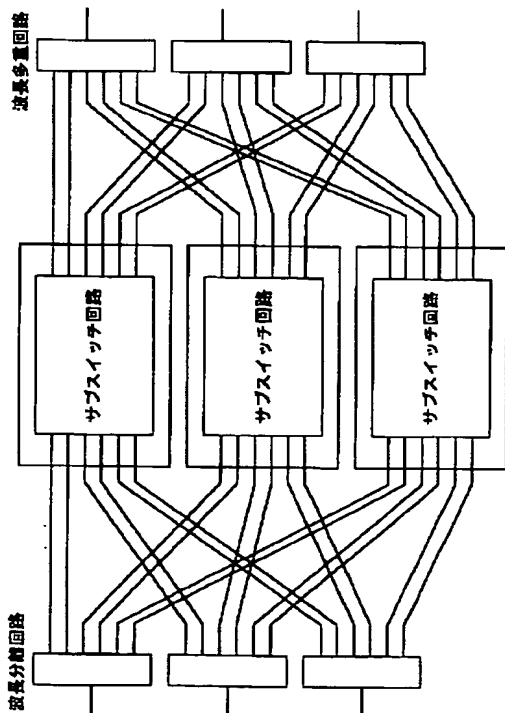
【図9】

図3、4の実施形態の詳細構成例を示す図（その2）



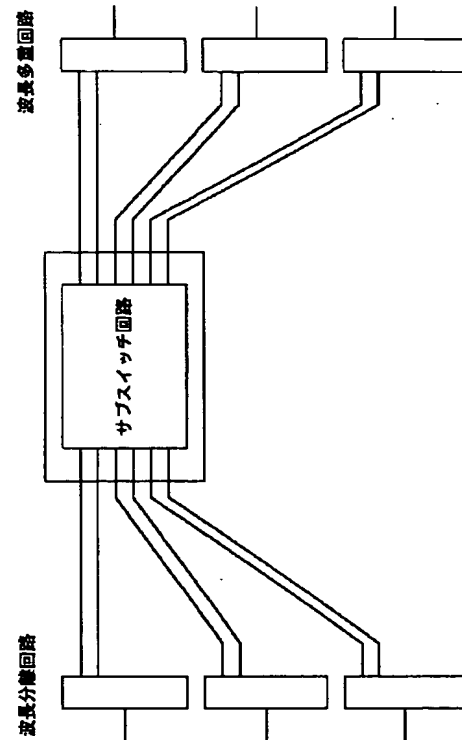
【図12】

波長数増加時のスイッチ回路の増設例を示す図（その3）



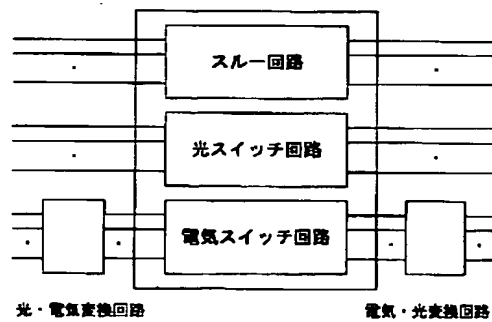
【図10】

波長数増加時のスイッチ回路の増設例を示す図（その1）



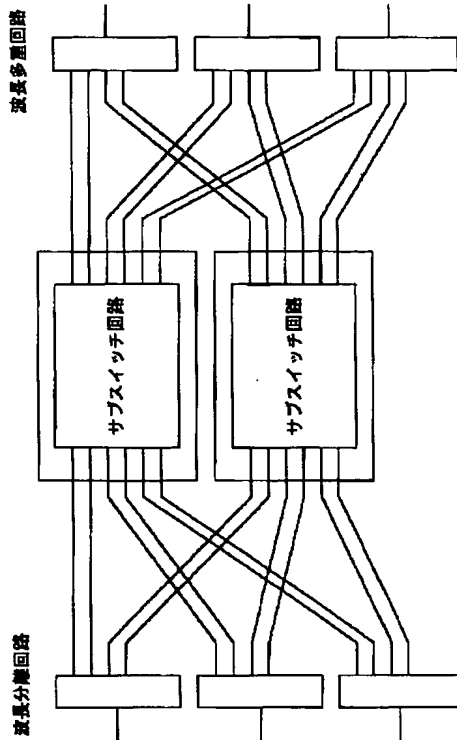
【図15】

電気スイッチ回路を用いたサブスイッチ回路と光回路を用いたサブスイッチ回路を混在した場合の構成を示す図（その1）



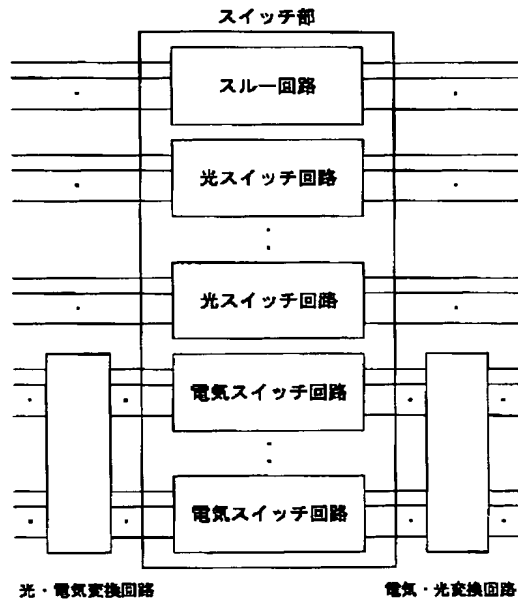
【図11】

波長数増加時のスイッチ回路の
増設例を示す図（その2）



【図16】

電気スイッチ回路を用いたサブスイッチ回路と光回路を用いた
サブスイッチ回路を混載した場合の構成を示す図（その2）

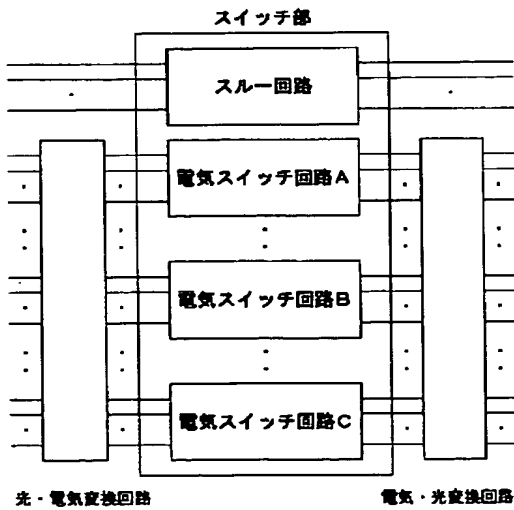


【図18】

図13の実施形態の波長多重システムへの適用例を示す図

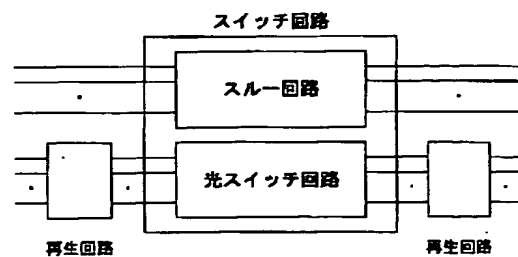
【図17】

異なる機能を持つサブスイッチ回路を混載する
システムの構成例を示す図



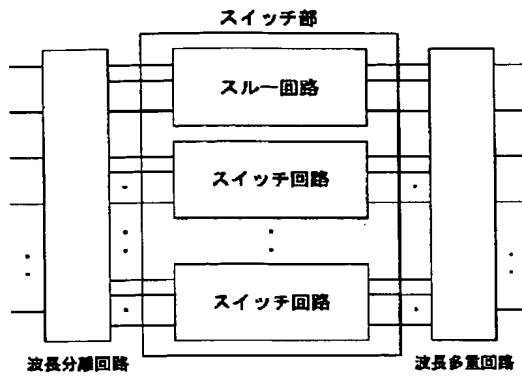
【図21】

スイッチ回路として光スイッチ回路を用いる
光ノードの構成例を示す図



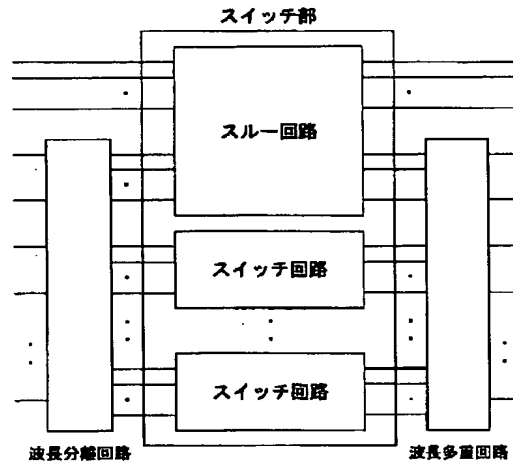
【図19】

図13の実施形態の波長多重システムへの別の適用例を示す図



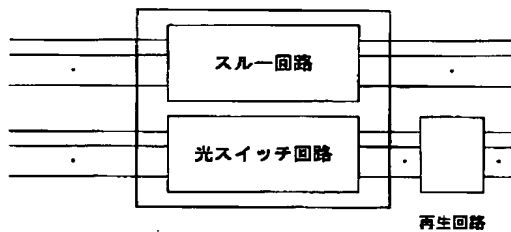
【図20】

図14の実施形態の波長多重システムへの適用例を示す図



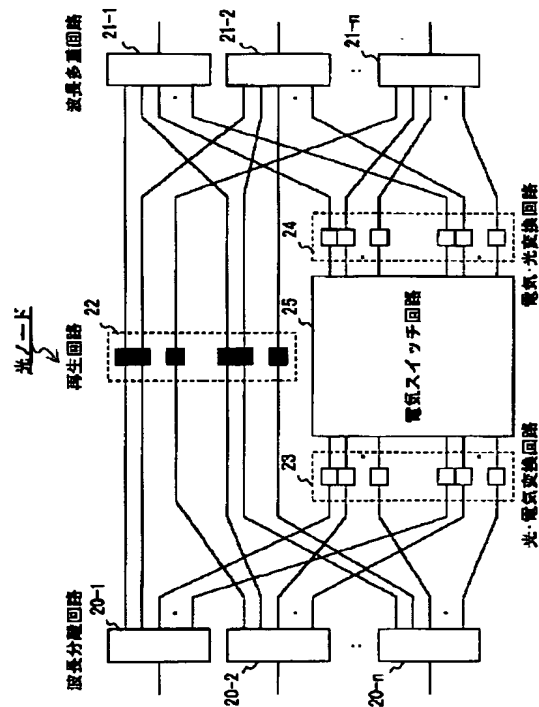
【図22】

スイッチ回路として光スイッチ回路を用いる光ノードの別の構成例を示す図



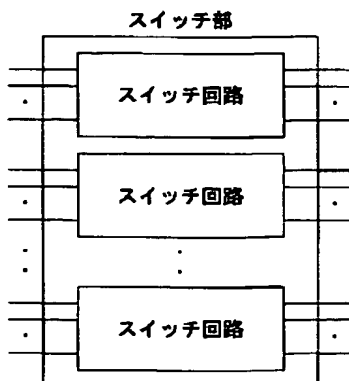
【図23】

図13、14の実施形態の詳細構成例を示す図（その1）



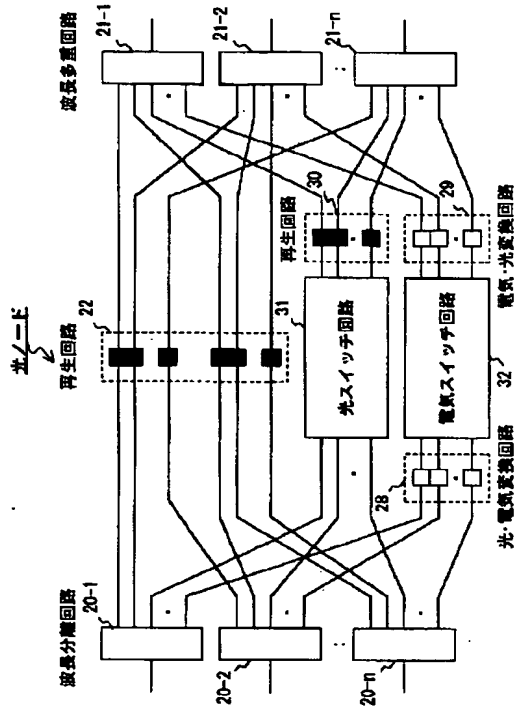
【図27】

本発明の光ノードの更に別の実施形態の基本構成を示す図（その2）



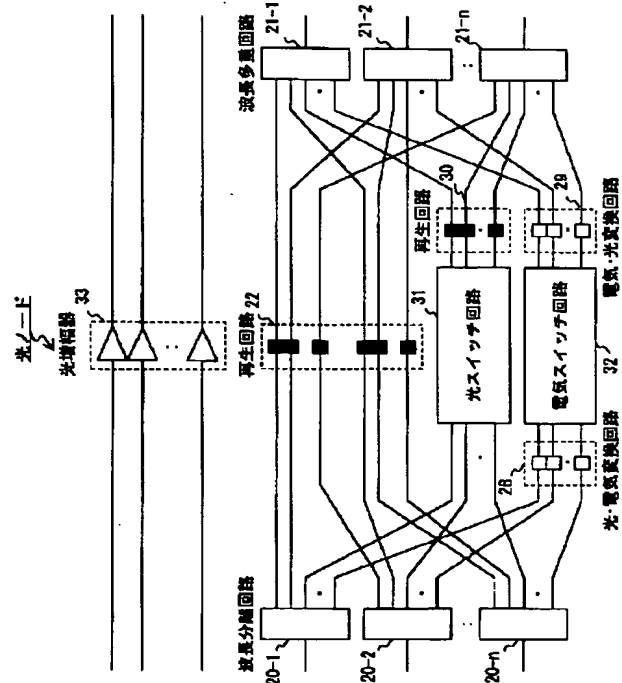
【図24】

図13、14の実施形態の詳細構成例を示す図（その2）



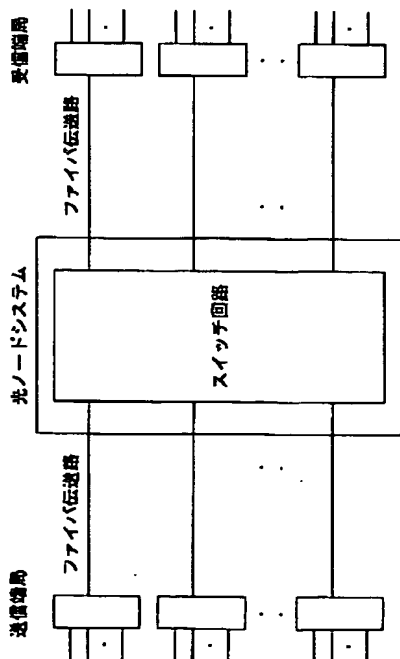
【図25】

図13、14の実施形態の詳細構成例を示す図（その3）



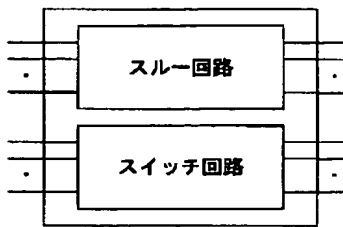
【図26】

本発明の光ノードの更に別の実施形態の基本構成を示す図（その1）



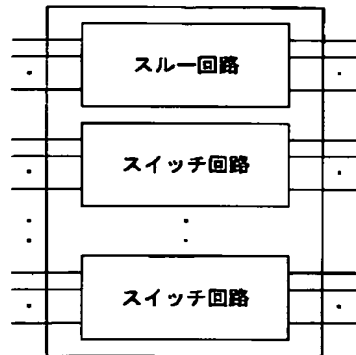
【図28】

本発明の光ノードの更に別の実施形態の基本構成を示す図（その3）



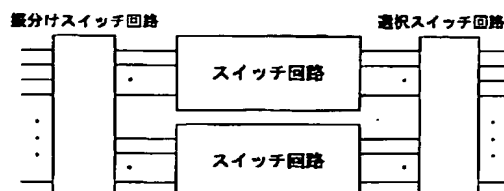
【図29】

本発明の光ノードの更に別の実施形態の基本構成を示す図（その4）



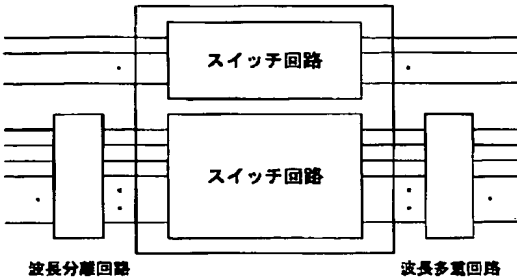
【図41】

本発明の光ノードの更に別の実施形態の基本構成を示す図（その2）



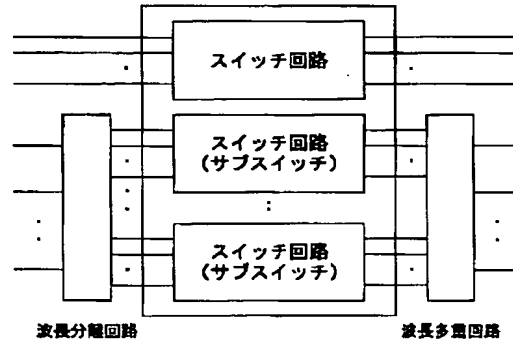
【図30】

波長多重信号単位でスイッチするサブスイッチ回路と
波長単位でスイッチするサブスイッチ回路を
混載した場合の構成を示す図



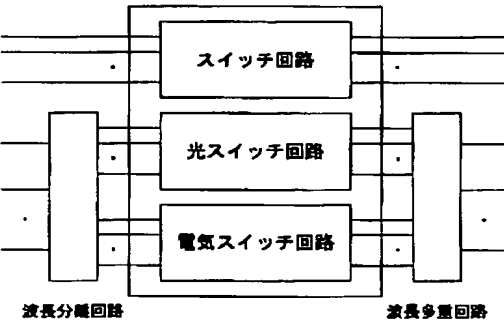
【図31】

波長以下の単位でスイッチするスイッチ部を
複数の独立したサブスイッチ回路で構成した場合の
構成例を示す図



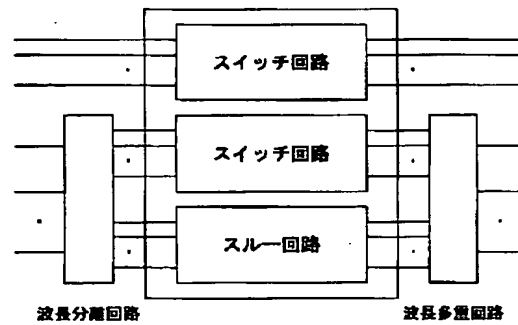
【図32】

電子回路を用いたサブスイッチ回路と
光回路を用いたサブスイッチ回路を混載した場合の
構成例を示す図



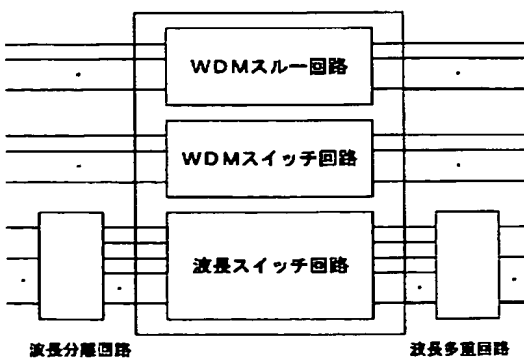
【図33】

一部の信号をスイッチ処理せずにバイパスさせる
スルー回路を持つ構成を示す図 (その1)



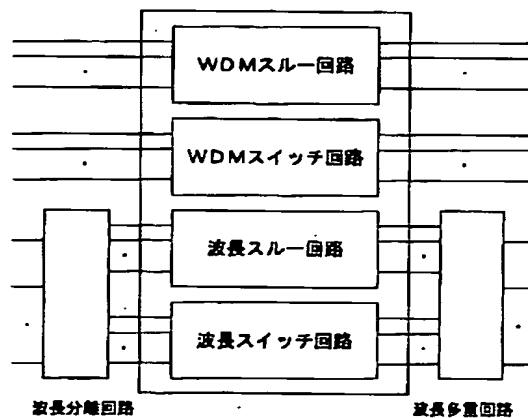
【図34】

一部の信号をスイッチ処理せずにバイパスさせる
スルー回路を持つ構成を示す図 (その2)



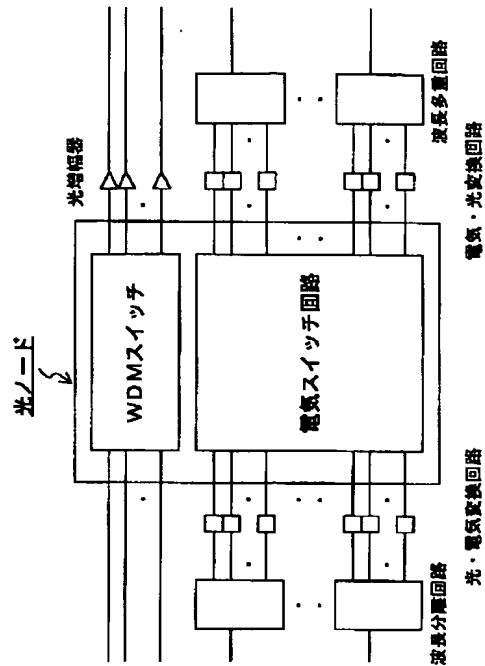
【図35】

一部の信号をスイッチ処理せずにバイパスさせる
スルー回路を持つ構成を示す図 (その3)



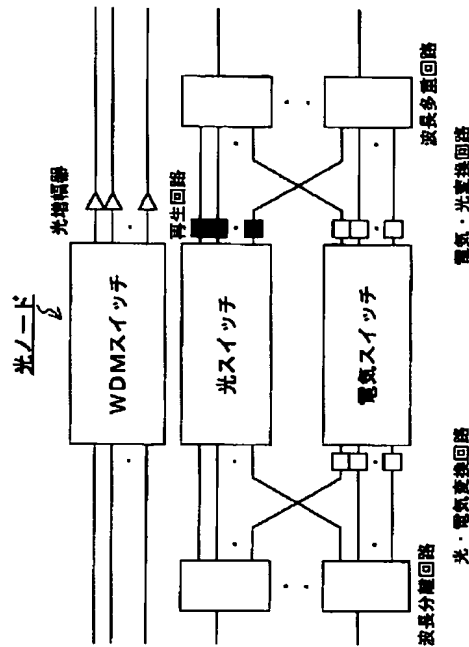
【図36】

図30～図35の実施形態のより
具体的な構成を示す図（その1）



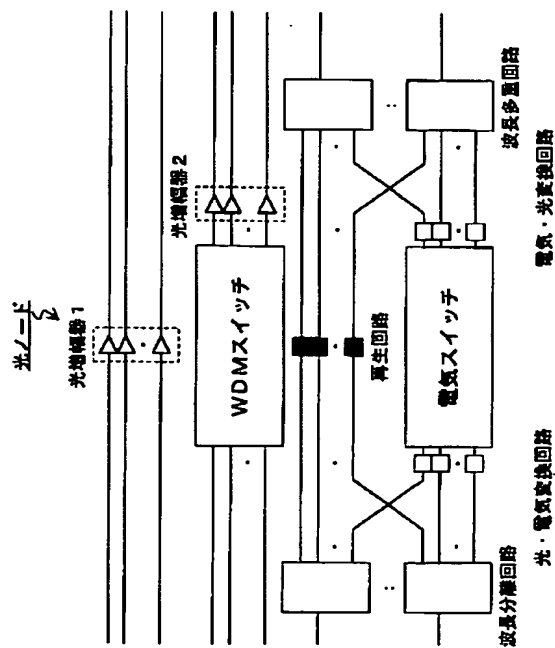
【図37】

図30～図35の実施形態のより
具体的な構成を示す図（その2）



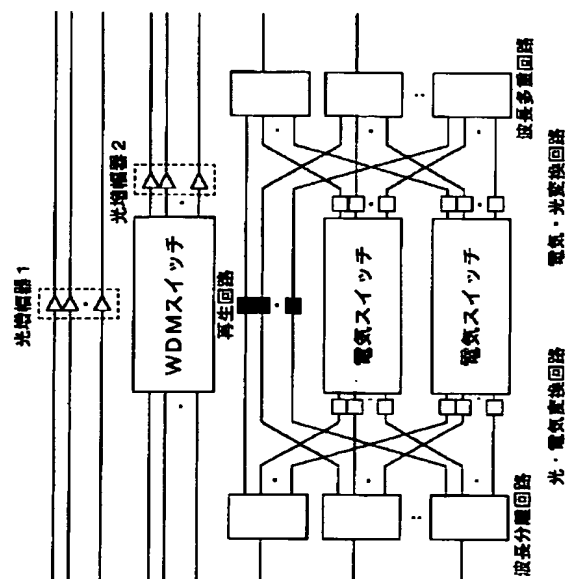
【図38】

図30～図35の実施形態のより
具体的な構成を示す図（その3）



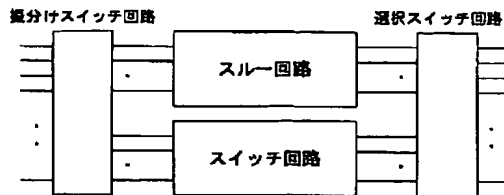
【図39】

図30～図35の実施形態のより
具体的な構成を示す図（その4）



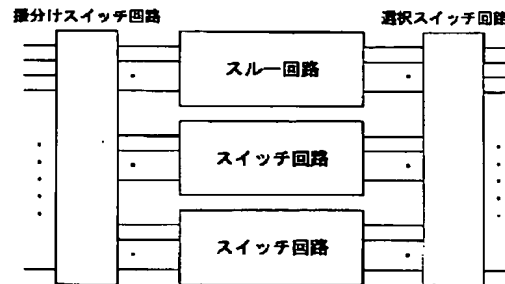
【図 40】

本発明の光ノードの
更に別の実施形態の基本構成を示す図（その 1）



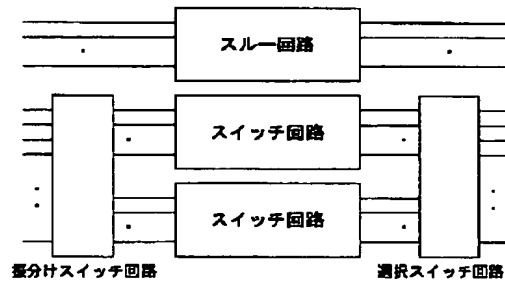
【図 42】

本発明の光ノードの
更に別の実施形態の基本構成を示す図（その 3）



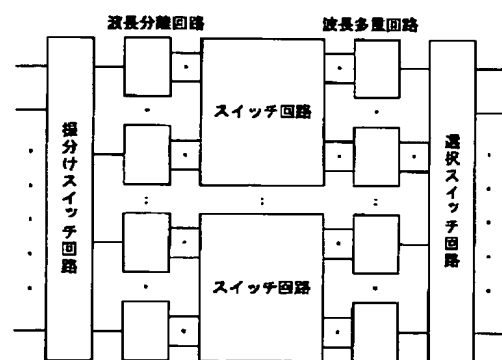
【図 43】

本発明の光ノードの
更に別の実施形態の基本構成を示す図（その 4）



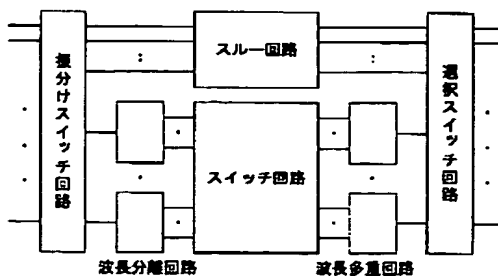
【図 44】

図 40～図 43 の実施形態の
波長多重システムへの適用例を示した図（その 1）



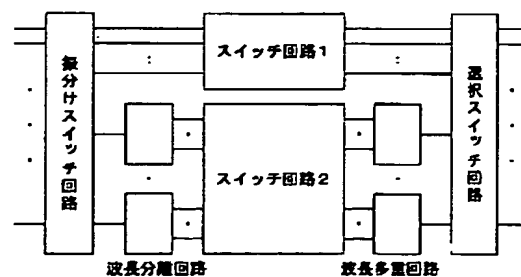
【図 45】

図 40～図 43 の実施形態の
波長多重システムへの適用例を示した図（その 2）



【図 46】

図 40～図 43 の実施形態の
波長多重システムへの適用例を示した図（その 3）



【図47】

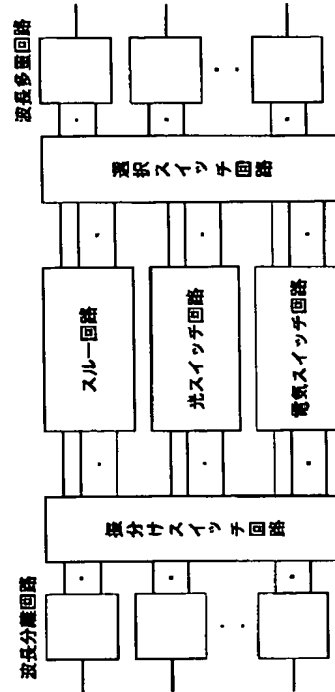
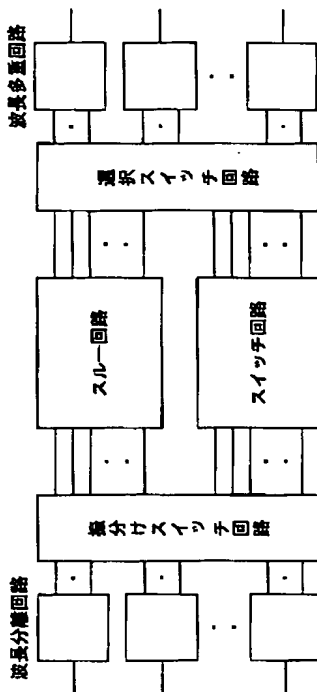
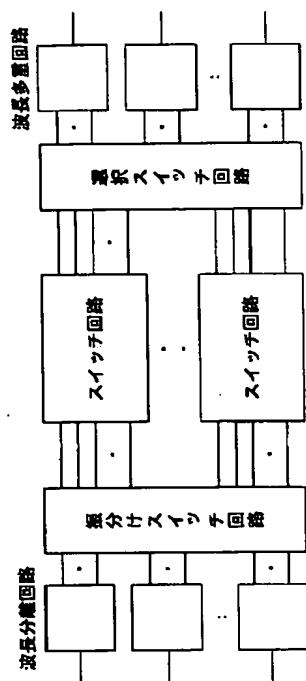
【図48】

【図49】

図40～図43の実施形態の波長多重システムへの
適用例を示した図（その4）

図40～図43の実施形態の波長多重システムへの
適用例を示した図（その5）

図40～図43の実施形態の波長多重システムへの
適用例を示した図（その6）

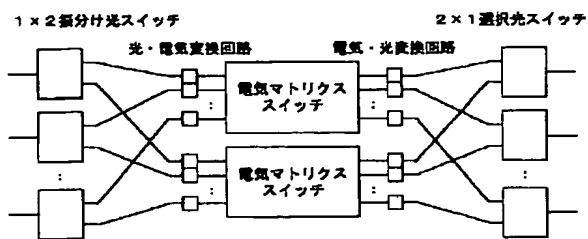


【図54】

【図55】

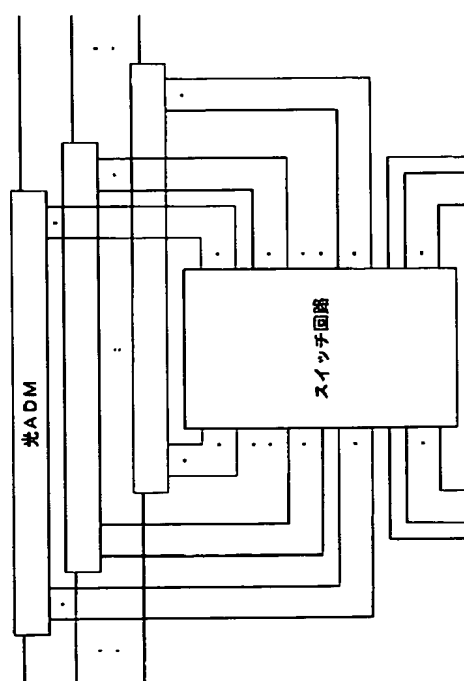
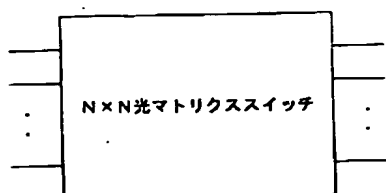
図40～図43の実施形態の波長多重システムへの
適用例を示した図（その11）

本発明の光ノードの
更に別の実施形態の基本構成を示す図



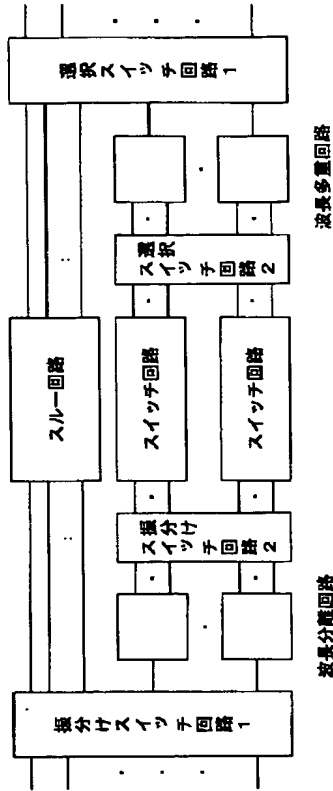
【図66】

従来のクロスコネクトシステムの
基本構成例を示す図（その1）



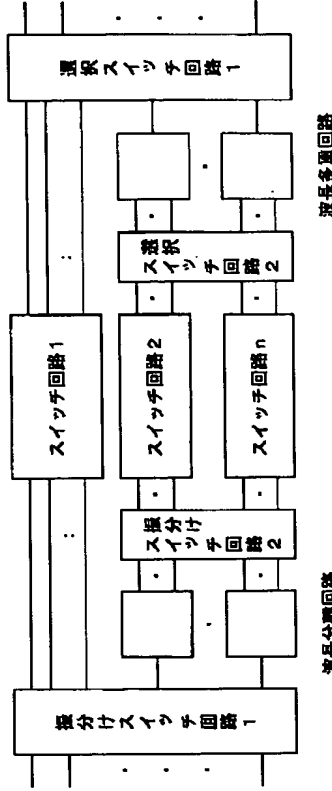
【図50】

図40～図43の実施形態の波長多重システムへの適用例を示した図（その7）



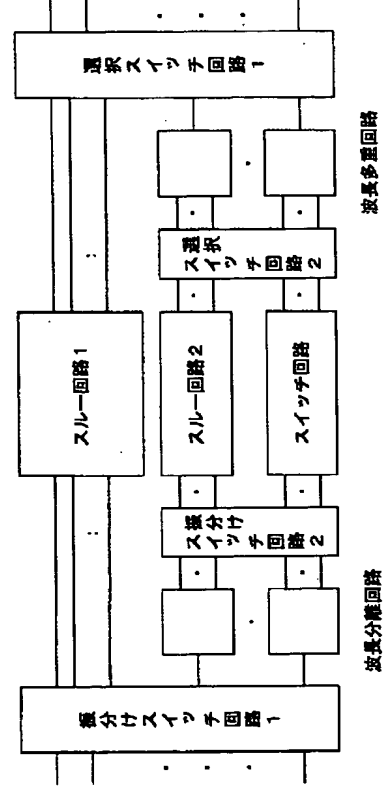
【図51】

図40～図43の実施形態の波長多重システムへの適用例を示した図（その8）



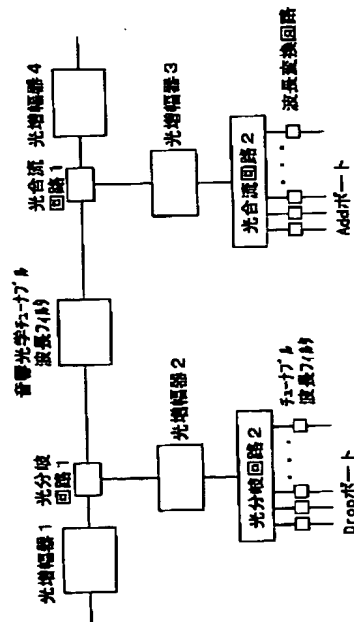
【図52】

図40～図43の実施形態の波長多重システムへの適用例を示した図（その9）



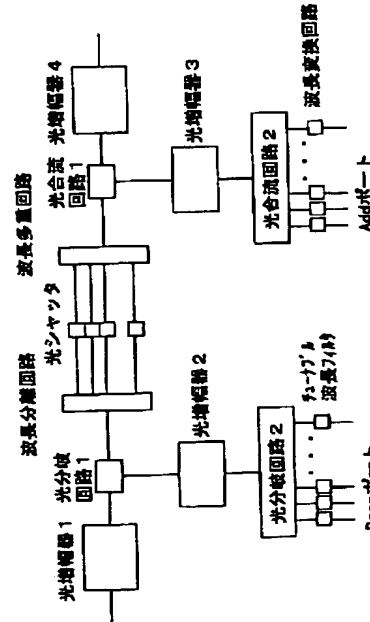
【図64】

光ADMの構成例を示す図（その1）



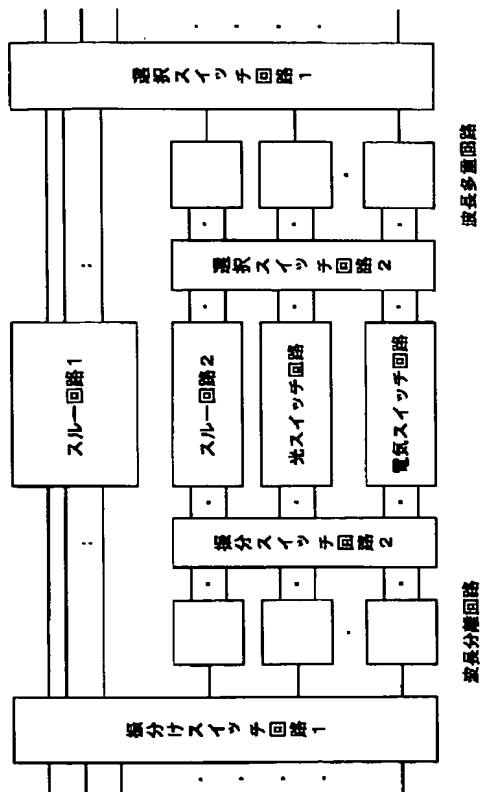
【図65】

光ADMの構成例を示す図（その2）



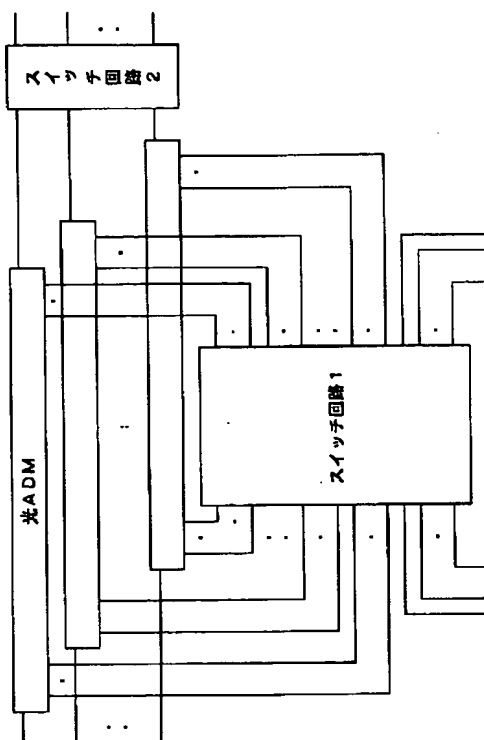
【図53】

図40～図43の実施形態の波長多重システムへの
適用例を示した図（その10）



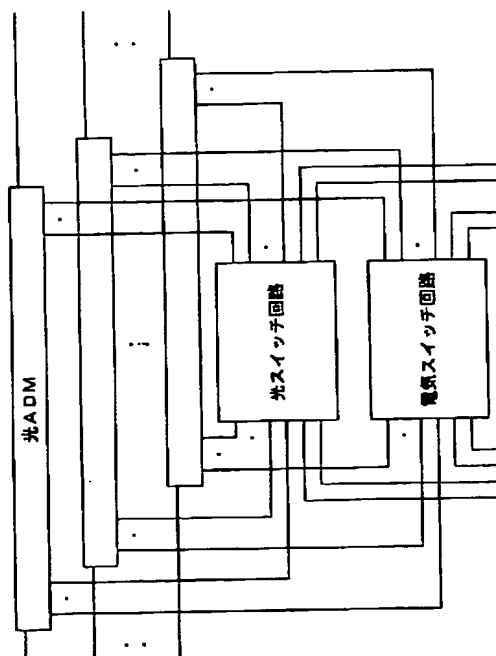
【図56】

図55の構成に加えて波長多重された
信号をスイッチする回路を設けた構成を示す図



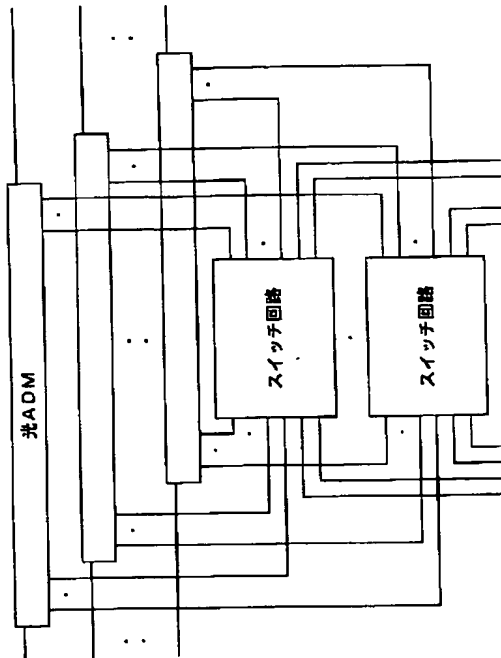
【図59】

電子回路を用いたサブスイッチ回路と光回路を用いた
サブスイッチ回路を混在した場合の構成を示す図（その1）



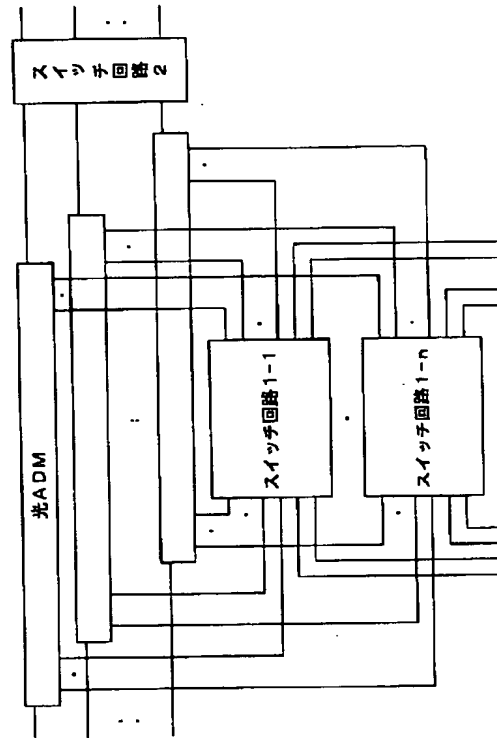
【図57】

それぞれ図55及び図58の構成において、
スイッチ回路を複数の独立したサブスイッチで
構成した変形例を示した図（その1）



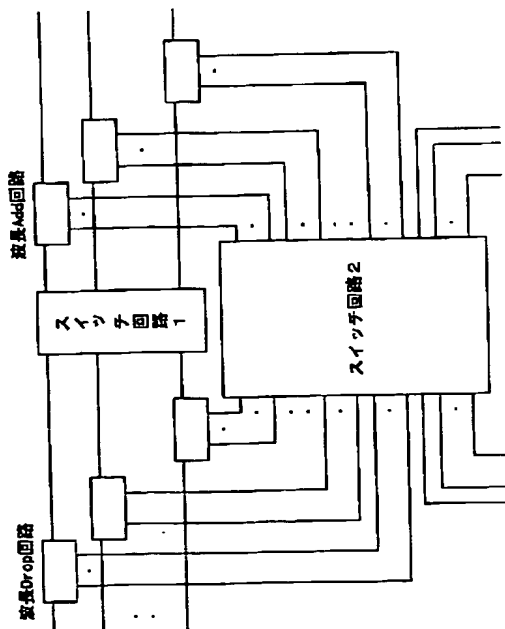
【図58】

それぞれ図55及び図58の構成において、
スイッチ回路を複数の独立したサブスイッチで
構成した変形例を示した図（その2）



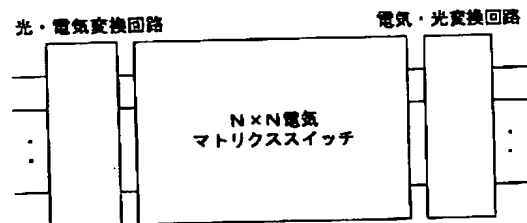
【図62】

図60の構成において、それぞれ、
波長多重信号単位のスイッチ処理を行うスイッチ回路を
光ADMの入力部、中段部に設けた構成を示す図（その2）



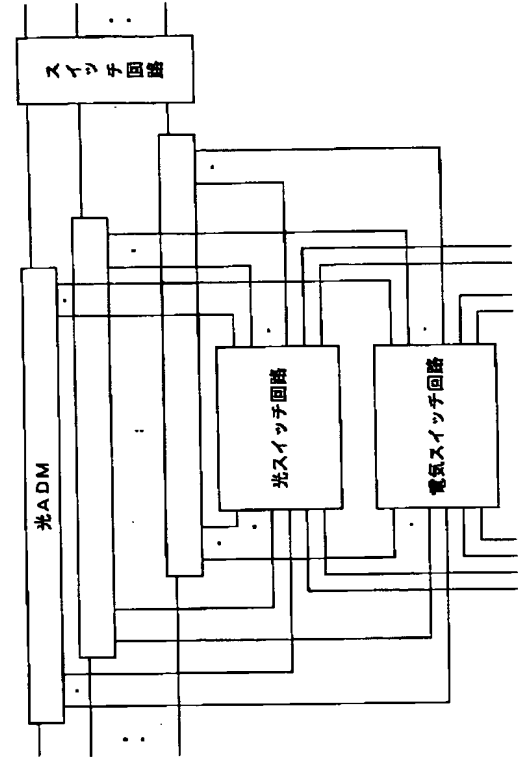
【図67】

従来のクロスコネクトシステムの
基本構成例を示す図（その2）



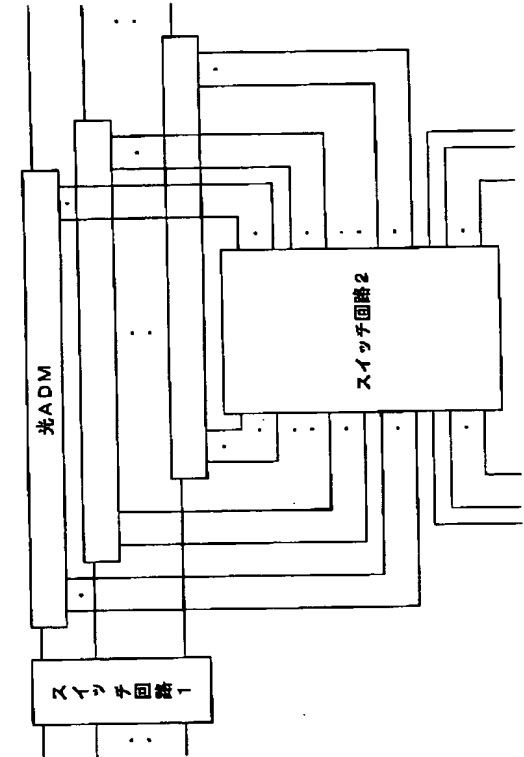
【図60】

電子回路を用いたサブスイッチ回路と光回路を用いた
サブスイッチ回路を混載した場合の構成を示す図（その1）



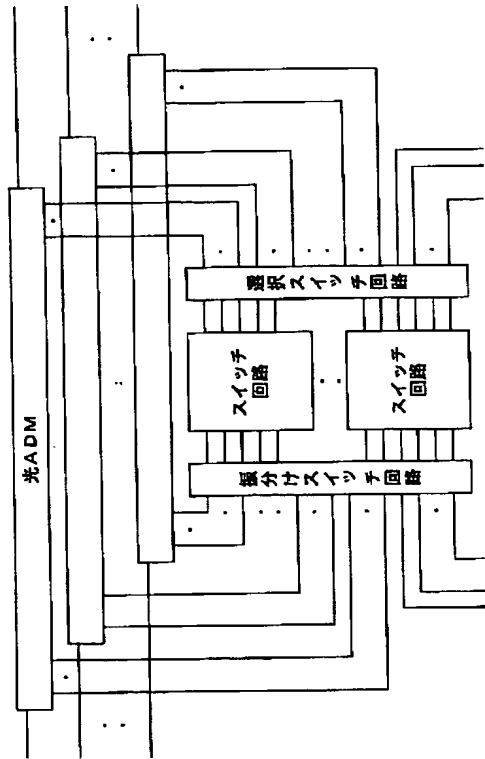
【図61】

図60の構成において、それぞれ、
波長多重信号単位のスイッチ処理を行うスイッチ回路を
光ADMの入力部、中段部に設けた構成を示す図（その1）



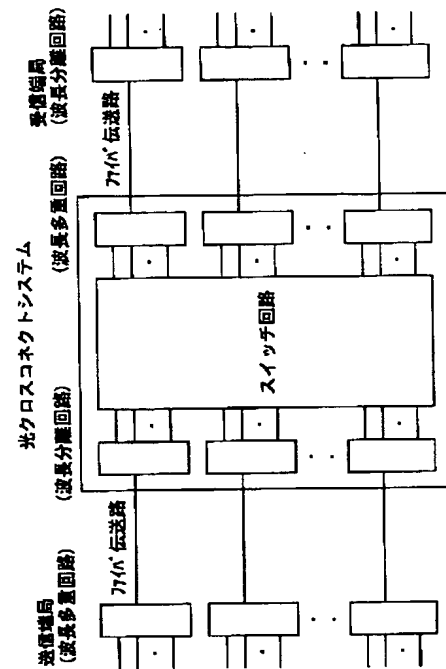
【図63】

スイッチ部を、複数の独立したサブスイッチ回路、
振り分けスイッチ回路、及び選択スイッチ回路により
構成した例を示す図



【図68】

波長単位で切替接続を行う従来の
光クロスコネクタシステムの基本構成例を示す図



フロントページの続き

(51) Int.C1.7

H 0 4 Q 11/04

識別記号

3 0 2

F I

テマコート* (参考)

F ターム(参考) 5K002 AA06 BA05 BA06 CA02 DA02
DA13 FA01
5K030 HA08 HC14 JA01 JA12 JL03
KX17 KX20 LA17
5K069 AA13 CB10 DB32 DB33 DB51
EA22 EA24 EA25 FA07
9A001 BB04 CC02 KK16

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.